ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 18 JANVIER 1926.

PRÉSIDENCE DE M. CHARLES LALLEMAND.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

BIOLOGIE. — *Sur les conditions de la vie aérienne ou souterraine des Aphides et en particulier de l'*Eriosoma lanuginosum *Hartig*. Note [1] de M. **Paul Marchal**.

L'*Eriosoma lanuginosum* est ce Puceron qui détermine les volumineuses galles en forme de vessie que l'on rencontre souvent sur les Ormes champêtres. Les migrations estivales de cette espèce ayant lieu de l'Orme aux racines du Poirier avec retour partiel automnal du Poirier sur l'Orme ont été démontrées par les travaux de Mordwilko et de Börner.

Nous avons eu l'occasion de les observer aussi aux environs de Paris et de réaliser expérimentalement le passage de l'Orme au Poirier, mais dans des conditions qui montrent l'influence du milieu sur le mode d'existence de l'Insecte.

Nos expériences, poursuivies pendant les années 1924 et 1925, portèrent sur de jeunes Poiriers, en pots, la contamination étant faite en juillet-août, au moyen de galles récoltées sur les Ormes, au moment de la sortie des ailés migrateurs. Deux dispositifs différents furent adoptés : ou bien la contamination fut faite en plein air et en pleine lumière en recouvrant simplement les Poiriers et les galles de mousseline fine; ou bien l'expérience fut conduite au laboratoire dans une pièce au Nord bien éclairée, quoique sans insolation et sous une cage d'élevage partiellement garnie de mousseline mais en grande partie vitrée (modèle Trouvelot). Or, avec le premier de ces dispositifs, les jeunes Pucerons parthénogénétiquement engendrés par les

---

(1) Séance du 11 janvier 1926.

ailés descendirent en terre, et, suivant la règle normale pour cette espèce, envahirent les racines, de sorte que, pour reconnaître la contamination et découvrir les amas de Pucerons, il fallut procéder au dépotage des Poiriers. Au contraire, dans le deuxième cas, de populeuses colonies d'aptères couvertes de sécrétion d'apparence laineuse se développèrent, au cours des mois d'août et de septembre, sur les parties aériennes depuis la base du Poirier jusque sur des rameaux assez élevés; les générations se succédèrent au nombre de 3 à 4 jusqu'à l'arrière-saison et l'évolution de ces lignées exigea, pendant ce court intervalle, le passage des Insectes sur deux Poiriers successivement employés, afin d'éviter l'interruption des observations par suite du dépérissement de la première plante nourricière; des colonies aériennes abondantes se reformèrent sur le second Poirier et les ailés se montrèrent en quantité croissante depuis la fin de la première quinzaine de septembre jusqu'à la fin d'octobre. Ce processus aboutit à la fin d'octobre à la transformation totale des colonies aériennes en ailés sexupares et comme, d'autre part, les radicicoles faisaient entièrement défaut, la plante se trouva dès lors complètement libérée.

Nous nous trouvons donc en présence d'une espèce qui, connue jusqu'ici sur le Poirier comme vivant exclusivement d'une façon souterraine et radicicole, fut amenée par les conditions de l'expérience à devenir aérienne, puis à se résoudre finalement en une lignée exclusivement composée d'ailés sexupares. Nous réserverons l'interprétation du second de ces phénomènes qui paraît être d'origine complexe ([1]) et le premier d'entre eux retiendra seul notre attention. Il ne paraît pas douteux que la fraîcheur régulière maintenue par les arrosages dans une cage en grande partie vitrée, se trouvant elle-même dans une salle non ensoleillée, permit à l'espèce de se développer sur les parties aériennes ([2]).

([1]) L'augmentation de la tendance à produire des ailés peut trouver une bonne part de son explication dans les causes internes. Le fait que, dans le cas actuel, les Pucerons descendent tous, à un degré de parenté très rapproché, de gallicoles de l'Orme peut, en effet, intervenir suivant un processus de même ordre que celui que j'ai mis en évidence pour diverses espèces de Chermes et comme les choses paraissent aussi se passer pour le Puceron lanigère du Pommier issu des galles sur l'Orme américain. D'autre part, tous les jeunes individus d'une même génération n'arrivant pas à se fixer et à survivre, il se peut aussi que certains d'entre eux, présentant une tendance héréditaire plus grande à se développer en ailés, soient favorisés par les conditions extérieures aux dépens de ceux qui présentent une tendance moins marquée.

([2]) La protection assurée dans la cage contre les ennemis naturels peut aussi entrer en ligne de compte; mais elle ne permet pas à elle seule d'expliquer le phénomène.

On peut en déduire que, si l'*Eriosoma lanuginosum* est une espèce hypogée, ce n'est pas en raison d'un géotropisme positif ou d'un phototropisme négatif, mais parce que cette espèce recherche la fraîcheur de la terre (hygrotropisme). Si l'humidité et la fraîcheur ne lui font pas défaut, elle est parfaitement apte à évoluer sur les parties aériennes du Poirier et ne recherche plus les racines. L'*Eriosoma lanuginosum* semble être particulièrement exigeant pour ses besoins d'humidité et de constance thermique. Aussi, dans la nature, est-ce généralement à une grande profondeur et sur les fines racines du Poirier qu'on le rencontre ([1]). Il est intéressant de noter d'autre part que le Puceron lanigère du Pommier (*Eriosoma lanigerum* Hausmann) est une espèce beaucoup moins exigeante que la précédente sous les mêmes rapports. Aussi peut-elle vivre dans la nature à la fois en lignées aériennes sur les rameaux et en lignées souterraines sur les racines, les premières ou les secondes pouvant d'ailleurs prédominer suivant les climats, les terrains et les conditions météorologiques de l'année.

Les observations qui précèdent concordent avec l'ensemble des faits mis particulièrement en lumière par Paul de Peyerimoff et Racovitza et d'où il résulte que dans la biologie des animaux terricoles et cavernicoles l'humidité et la constance thermique sont les facteurs prédominants.

Chez les Eriosomiens et autres Pemphiginés, nous voyons, d'une façon générale, le besoin d'un habitat relativement humide et à température constante se satisfaire pour une même espèce par deux voies différentes : d'une part, pour les lignées évoluant sur l'hôte définitif, par la formation d'une galle qui leur assure un régime cavernicole aérien; d'autre part, pour les lignées évoluant sur l'hôte intermédiaire, par l'adoption plus ou moins complète de la vie souterraine.

MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES. — *Sur la classification d'ensemble de tous les procédés de calcul dérivés de la géométrie et de la mécanique.* Note de **M. M. d'Ocagne.**

L'ensemble de tous les procédés de calcul dérivés de la géométrie et de la mécanique apparaissent au premier abord comme formant une masse

([1]) Ce fait est facilement constatable au moment des arrachages chez les horticulteurs; on peut recueillir facilement les petites colonies laineuses de ce Puceron dans les anfractuosités qui accompagnent les racines brisées restant engagées dans les parois du trou d'où l'arbre a été retiré.

considérable, extrêmement confuse. L'étude approfondie de tous ces procédés, à laquelle j'ai commencé à m'attacher il y a plus de trente ans, m'a conduit, en dernière analyse, à prendre pour éléments caractéristiques de chacun d'eux : 1° le mode d'inscription qu'il comporte pour les nombres (données et résultat) entrant dans l'opération à laquelle il s'applique; 2° la nature — graphique ou mécanique — de la liaison par laquelle cette opération est réalisée.

Au point de vue de l'inscription, ou bien les chiffres dont se compose chaque nombre sont inscrits individuellement au moyen de dispositifs appropriés, en quelque quantité que soient ces chiffres (jusqu'à la limite fixée par la pratique), auquel cas on a affaire à un *inscripteur à chiffres*; ou bien chaque nombre est lu sur une échelle cotée (métrique ou fonctionnelle) qui constitue alors un *inscripteur à cotes*. Dans ce second cas, sauf pour les nombres qui servent de cotes aux points effectivement marqués sur l'échelle, l'inscription n'est réellement pratiquée qu'à un certain degré d'approximation dépendant de la précision de l'interpolation à vue qui permet d'atteindre les points intermédiaires entre les points marqués, degré d'approximation qu'il convient d'adapter aux besoins de l'application pratique que l'on a en vue.

Quant à la nature de la liaison établie entre les inscripteurs, à chiffres ou à cotes, correspondant les uns aux données, le dernier au résultat, c'est elle qui constitue l'essence même du procédé envisagé. Cette considération primordiale conduit à grouper en cinq classes tous les procédés en question.

La détermination des subdivisions à introduire dans chacune de ces cinq classes offre assurément aussi un intérêt non négligeable; mais nous la laissons ici entièrement de côté.

Parmi ces cinq classes, il n'en est qu'une qui soit fondée sur l'emploi d'inscripteurs à chiffres; elle embrasse toutes les machines à calculer proprement dites, qui ne s'appliquent qu'à des opérations arithmétiques isolées ou combinées en petit nombre (comme le sont les additions étagées sur lesquelles repose le calcul des différences), mais portant sur des nombres d'autant de chiffres qu'on le veut (dans les limites assignées par la pratique). A ces *machines arithmétiques*, on peut joindre aussi les machines dites *arithmologiques* capables d'effectuer avec une extrême rapidité les vérifications très laborieuses que requièrent certaines opérations de la théorie des nombres, telles que les factorisations (et, par suite, la reconnaissance du caractère des nombres premiers), les décompositions en sommes de carrés, la résolution en nombres entiers de certaines équations indéterminées, etc.

C'est à cette première classe qu'il convient de réserver le nom de *calcul mécanique*.

Les quatre autres classes n'utilisent que des inscripteurs à cotes.

En premier lieu, ces inscripteurs à cotes peuvent servir simplement à fournir, sur un dessin, les longueurs de certains segments de droites, proportionnelles soit (ce qui est le cas à peu près général) aux nombres eux-mêmes soumis à l'opération, soit à certaines fonctions simples (comme le carré ou le logarithme) de ces nombres. Les segments de droites, ainsi représentatifs des données, entrent alors dans certaines constructions géométriques propres à faire apparaître, sous la même forme, le résultat cherché dont la valeur numérique est encore fournie par un inscripteur à cotes auquel on le confronte. Mais ces constructions géométriques peuvent être effectuées soit par les procédés graphiques ordinaires n'utilisant que la règle, l'équerre et le compas, soit à l'aide de dispositifs mécaniques spéciaux propres à réaliser par leur jeu certaines relations géométriques, tels que sont, par exemple, les divers intégromètres et intégraphes. Dans le premier cas, on a affaire au *calcul graphique* proprement dit (qui comprend notamment toute la statique graphique); dans le second, au calcul *grapho-mécanique*.

Mais on peut aussi supposer que les inscripteurs à cotes interviennent directement dans l'opération substituée au calcul numérique; il faut pour cela qu'ils soient liés entre eux par l'intermédiaire soit de certains systèmes de lignes, fixes ou mobiles, soit de certains organes mécaniques, de telle façon que les nombres lus, à chaque instant, simultanément sur chacun d'eux, en face d'index déterminés, satisfassent ensemble à une certaine relation analytique dont on se trouve avoir ainsi réalisé une sorte de représentation. De là, deux nouvelles classes, celles du *calcul nomographique* et celle du calcul *nomographo-mécanique*, suivant que la liaison établie entre les divers inscripteurs à cotes est de forme graphique ou mécanique.

En fait, les systèmes cotés qui figurent sur les nomogrammes ne sont pas seulement de ces échelles que nous avons plus spécialement appelées des inscripteurs à cotes; on y trouve aussi des systèmes de lignes quelconques cotées; mais il suffit, pour être ramené au type primordial ici envisagé, d'écrire les cotes de chacun de ces systèmes à la rencontre des lignes qui le composent avec une transversale quelconque ainsi transformée en un véritable inscripteur à cotes, à partir duquel les lignes du système apparaissent comme des éléments de liaison graphique.

Quant au calcul nomographo-mécanique, il englobe la plupart des remar-

quables machines imaginées par notre savant correspondant M. Torres Quevedo, dites par lui *analytiques*, parmi lesquelles on peut citer comme particulièrement typique la curieuse machine à résoudre les équations algébriques de degré quelconque, dans laquelle ce que nous appelons ici les inscripteurs à cotes se présente sous la forme de ces organes spéciaux auxquels l'inventeur a donné le nom d'*arithmophores logarithmiques*.

En résumé, la classification d'ensemble de tous les procédés géométriques et mécaniques de calcul peut se réduire au tableau suivant :

1° Calcul mécanique;
2° » graphique;
3° » grapho-mécanique;
4° » nomographique;
5° » nomographo-mécanique.

Au point de vue pratique, il convient de souligner que les procédés de la première classe ne s'appliquent qu'à des opérations arithmétiques élémentaires portant sur des nombres d'autant de chiffres que l'on veut, tandis que ceux des quatre autres classes peuvent, d'ailleurs à des degrés divers, être étendus à des opérations algébriques ou analytiques d'ordre très élevé, pourvu qu'elles ne portent que sur des nombres ne comportant pas, en général, plus de trois chiffres significatifs, exceptionnellement quatre. Cela, sous le rapport du choix qui peut en être fait en vue de telle ou telle application, les différencie bien nettement les uns des autres. Les exigences particulières de chacune de ces applications fixent le type du procédé de calcul qui lui convient.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Contribution à l'étude de la matière fulminante. L'énergie par centimètre cube et par gramme au moment de l'explosion.* Note de M. E. Mathias.

Nous employerons deux méthodes différentes appliquées à des formes pour ainsi dire inverses. L'une d'elles sera l'éclair fulminant descendant, dans des conditions telles que le fer traversé commencerait à fondre ; l'autre sera un éclair *ascendant* minuscule, inoffensif. Si les deux méthodes donnent le même résultat, on sera bien près de la certitude et le principe posé de l'unité de la matière fulminante pure sera confirmé.

1. Soit un éclair rectiligne, cylindrique, de longueur l, de section S, éclatant entre deux régions de potentiels respectifs V et V′ (V > V′), la

décharge, d'énergie W, transportant m coulombs. On a

$$W = m(V - V') = ml\frac{V - V'}{l} = mlG;$$

G est le gradient de potentiel en volts par mètre, l s'exprimant en mètres et W en joules. Soit ω l'énergie par unité de volume de la matière fulminante, on a

$$\omega = \frac{W}{lS} = \frac{mlG}{lS} = \frac{m}{S}G.$$

La valeur de ω dépend uniquement du gradient de potentiel et de la densité de la décharge par unité de surface. *Elle est indépendante de la longueur de l'éclair et du régime de la décharge.* En particulier, on n'a pas à connaître la durée de l'éclair, d'une mesure difficile.

En prenant, pour G et $\frac{m}{S}$, des valeurs expérimentales acceptables, nous aurons l'ordre de grandeur de ω. Admettons

$$G = 100 \frac{\text{kilovolts}}{\text{mètre}}, \qquad m = 1000 \text{ coulombs } (^1), \qquad S = 30 \text{ cm}^2,$$

$$\omega = \frac{10^3 \text{ coulombs}}{0^{m^2},003}\,\frac{10^5 \text{ volts}}{\text{mètre}} = \frac{10^8 \text{ joules}}{0^{m^3},003} = 3,3 \times 10^3 \frac{\text{kilogrammètres}}{\text{cm}^3}.$$

Dans le calcul précédent, *on admet que le volume de l'éclair est celui de la matière fulgurante créée;* comme il y a contraction, l'erreur commise est par défaut. Or on calcule ainsi l'énergie *initiale* au lieu de la valeur *finale* au moment de l'éclatement; on commet donc une erreur par excès. Le calcul précédent, outre les incertitudes expérimentales, comporte deux erreurs importantes de signe contraire. Se compensent-elles? C'est ce que montre le second calcul.

2. M. Lohier fils, avocat au Parlement de Bretagne, écrivit à Réaumur [2] que, le 14 septembre 1746, vers 7^h30^m du soir, étant à Rennes avec deux de ses amis, dans son cabinet, il aperçut subitement sur la partie de sa robe de chambre qui répondait à la poitrine trente ou trente-cinq corpuscules lumineux, ayant l'éclat vif et blanc de l'éclair, avec une nuance

---

[1] Pour une durée de $\frac{1}{20}$ de seconde, l'éclair équivaudrait à un courant constant de 20000 ampères circulant pendant ce temps.

[2] *Histoire de l'Académie royale des Sciences*, 1746, p. 23. — IGNAZIO GALLI, *Effetti dei Fulmini globulari sull'uomo e sugli animali*, § 10, p. 17, en note (Estratto dalle *Memorie della Pontificia Accademia Romana dei Nuovi Lincei*, 32, 1914).

très légère de rouge; ces corpuscules étaient pour la plupart globuleux, les plus petits de la grosseur d'un pois et les plus gros de celle du bout du petit doigt. Ils ne durèrent pas bien longtemps; au bout de 5 à 6 minutes ils s'étaient tous éteints et successivement.

Beaucoup de foudres sphériques explosent après un petit nombre de secondes, ayant dépensé leur énergie de plusieurs façons à la fois. Ici, rien de pareil; fixés à l'extrémité des fils de la robe de chambre de M. Lohier fils, sans mouvement sensible, les corpuscules sphériques se refroidissent par rayonnement, en vertu de la différence entre leur température centigrade t et la température t' de l'air environnant. C'est pourquoi ils durent si longtemps. Admettons que les sphères de 4^{mm} de diamètre ($R = \frac{1}{5}$ cm) ont duré 5 minutes ($\tau = 300$ secondes).

Bien que toutes les particularités du phénomène aient été minutieusement décrites par M. Lohier fils, *il n'est pas question d'un changement de couleur des corpuscules lumineux avant de disparaître*. Nous admettrons donc que l'énergie libérée par une diminution ΔR du rayon dans le temps $\Delta\tau$ compense exactement la chaleur perdue par rayonnement pendant le même temps; donc $t - t' =$ const. et $t =$ const.

Soient $\Theta = 273 + t$ et $\Theta' = 273 + t'$ les températures absolues de la matière fulminante *considérée comme un corps noir* et de l'air, et σ une constante relative à 1^{cm^2} de la surface rayonnante; la loi de Stefan donne, J étant l'équivalent mécanique de la calorie

$$4\pi R^2 \sigma(\Theta^4 - \Theta'^4)\Delta\tau = 4\pi R^2 \Delta R \frac{\omega}{J},$$

$$\frac{\Delta R}{\Delta\tau} = \frac{J}{\omega}\sigma(\Theta^4 - \Theta'^4) = \text{const.} = \frac{R}{300},$$

$$\omega = \frac{300}{R} J\sigma(\Theta^4 - \Theta'^4)\frac{\text{ergs}}{\text{cm}^3}.$$

Négligeons Θ'^4 devant Θ^4 et prenons $J = 4{,}2 \times 10^7$,

$$\sigma = 1{,}56 \times 10^{-12} \text{ (1)}, \quad R = \frac{1}{5}, \quad \Theta = 1027 + 273^\circ = 1300^\circ,$$

$$\omega = 28070 \frac{\text{joules}}{\text{cm}^3} = 2{,}86 \times 10^3 \frac{\text{kilogrammètres}}{\text{cm}^3}.$$

Le calcul précédent, très simple, n'introduit que des grandeurs physiques nettes. La seule difficulté est le choix d'une valeur acceptable pour Θ.

---

(1) ABRAHAM et SACERDOTE, *Recueil de Constantes physiques*, Tableau 215. σ est donné par les expériences de Féry et Drecq (1911). Gauthier-Villars, Paris, 1913.

L'identité très approchée des résultats numériques fournis par les deux méthodes permet de conclure que : *l'énergie de la matière fulminante pure par centimètre cube, au moment de sa destruction, est environ* 2860^{kgm}.

3. Ce nombre comporte deux vérifications. L'expérience montre, en effet, que les foudres sphériques d'un rayon de 2^{cm} ont déjà une puissance destructrice considérable, tandis qu'on peut écraser sous le pied des foudres de la grosseur d'un pois.

Pour $R = 2^{cm}$, $W = 95820^{kgm}$. La foudre peut lancer à $95^{m},8$ de hauteur un poids d'une tonne, ce qui rend compte des faits observés.

Pour $R = 2^{mm}$, $W = 95^{kgm}$. Si la foudre se décomposait d'un seul coup, cette énergie serait encore sensible; mais si la pression du pied est progressive, la fraction d'énergie mise en liberté ne saurait être très dangereuse.

4°. Calculons maintenant l'énergie Ω relative à 1^{g} de matière fulminante. Celle-ci ayant sensiblement la densité de l'air, 1^{cm^3} pèse $1^{mg},3$. Donc 1^{mg} a une énergie de 2201^{kgm}. Donc

$$\Omega = 2201 \times 10^6 \text{ kgm} = \frac{2201 \times 10^6}{427.8} \text{Cal} = 5145^{\text{Cal}}.$$

La nitroglycérine, réputée la plus énergique des substances explosives [1] solides ou liquides, ne dégage par gramme que 1320^{Cal}.

L'énergie par gramme de la matière fulminante pure est donc environ quatre fois celle de la nitroglycérine.

Je continue mes recherches.

M. Émile Picard annonce un nouveau don de M. Paul Barbarin à l'Académie, complétant celui fait antérieurement d'une partie de la correspondance entre le général belge de Tilly et J. Hoüel. Ces lettres sont d'un grand intérêt pour l'histoire de la géométrie non euclidienne.

Sir **Robert A. Hadfield** fait hommage à l'Académie de son livre *Métallurgy and its influence on modern progress.*

---

(1) Berthelot, *Sur la force de la poudre et des matières explosives*, p. 160 et 190. Gauthier-Villars, Paris, 1872.

CORRESPONDANCE.

M. R.-A. Millikan, élu Correspondant pour la Section de Physique, adresse des remercîments à l'Académie.

M. le Secrétaire perpétuel signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Union géodésique et géophysique internationale (Section de Sismologie). Série A : *Travaux scientifiques*. Fasc. 3 : *Tables de* A. Mohorovičić. (Présenté par M. Ch. Lallemand.)

2° *Introduction à la Gravifique einsteinienne*, par Th. De Donder, formant le fascicule VIII du *Mémorial des Sciences mathématiques*. (Présenté par M. G. Kœnigs.)

3° *Les propriétés physiques des vapeurs de pétrole et les lois de leur écoulement*, par Jean Rey. (Présenté par M. A. Rateau.)

4° *Le Quarantième Anniversaire de l'Observatoire de Limoges*. (Présenté par M. G. Bigourdan.)

M. Georges Perrier adresse un Rapport relatif à l'emploi qu'il a fait des fonds accordés sur la subvention Loutreuil en 1924.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Formules nouvelles pour comparer deux probabilités* a posteriori. Note de M. Charles Jordan, présentée par M. d'Ocagne.

Dans une première série d'expériences, on a obtenu ν cas favorables en n épreuves; dans une seconde série, on a obtenu ν_1 cas favorables en n_1 épreuves; il s'agit de déterminer la probabilité pour que la probabilité de l'événement simple dans la première série soit plus grande que dans la seconde série, en considérant *a priori* toutes les valeurs des probabilités des événements simples comme également probables entre zéro et un.

Laplace a résolu ce problème en développant la probabilité cherchée en

fraction continue; mais l'utilisation de ses formules nécessite de longs calculs (¹).

D'autres formules ont été données, d'une application facile, mais dont les résultats ne cadrent guère avec ceux que donnent les formules de Laplace. Cela m'a conduit à reprendre l'examen de cette question.

La formule rigoureuse que j'ai obtenue pour la probabilité cherchée est

$$(1) \qquad P = \frac{1}{C_{n_1+n+2}^{\nu_1+\nu+1}} \sum_{i=0}^{\nu} C_{n+1}^{\nu-i} C_{n_1+1}^{\nu_1+1-i}.$$

Cette probabilité se calcule assez rapidement si ν ou $n - \nu$ est petit; par contre, si ces nombres sont grands, la formule est pratiquement inutilisable. Mais dans ces cas, en la transformant, on peut arriver à la formule approchée suivante, donnant de très bons résultats :

$$(2) \qquad P = \frac{1}{\sqrt{\pi}} \int_{t_0}^{t_1} e^{-t^2}\,dt,$$

où les limites d'intégration sont :

$$(3) \qquad \left\{ \begin{aligned} t_0 &= \frac{(n+1)\left(\nu_1 + \frac{1}{2}\right) - (n_1+1)\left(\nu + \frac{1}{2}\right)}{\sqrt{(n_1+n+2)(n_1+1)(n+1)}} \sqrt{2}, \\ t_1 &= \frac{2(n+1)(\nu_1+\nu+1) + (n_1+n+2)}{\sqrt{2(n_1+n+2)(n_1+1)(n+1)}}. \end{aligned} \right.$$

En général, on pourra se contenter de calculer t_0 et remplacer simplement t_1 par ∞ sans que le résultat change d'une manière appréciable. Si $n = n_1$, ces formules se simplifient en

$$(4) \qquad t_0 = \frac{\nu_1 - \nu}{\sqrt{n+1}}, \qquad t_1 = \frac{\nu_1 + \nu + 2}{\sqrt{n+1}}.$$

Appliquons la formule (2) à un problème de Laplace. On trouve, presque sans calculs, que la probabilité pour que la probabilité de la masculinité des naissances à Paris soit plus grande qu'à Londres, est égale à 0,00000315; Laplace a trouvé 0,00000305. L'accord est excellent.

La formule (2) donne une concordance aussi parfaite dans les autres problèmes étudiés par Laplace.

(¹) LAPLACE, *Théorie analytique des Probabilités*, p. 391.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur l'itération des fonctions bornées.* Note de M. **Julius Wolff**, présentée par M. Émile Borel.

J'ai démontré [1], la proposition : *Si $f(z)$ est holomorphe pour $|z| < 1$, continue pour $|z| \leqq 1$, non linéaire, $|f(z)| < 1$ et $f(z) \neq z$ pour $|z| < 1$, si l'on pose $f(z) = f_1(z)$, $f\{f_1(z)\} = f_2(z)$, etc., alors, pour chaque z intérieur au cercle C ($|z| = 1$), la suite $f_n(z)$ converge vers un point de C indépendant de z.*

Le but de la présente Note est de montrer que *la condition continue pour $|z| \leqq 1$ est superflue.*

De la Note citée il résulte que l'ensemble limite de $f_n(z)$ ne dépend pas de z et qu'il consiste d'un seul point de C ou d'un arc de C. Il s'agit de montrer l'impossibilité du dernier cas.

Admettons que l'ensemble limite soit un arc Γ de C. Un point α de Γ sera appelé de première sorte, s'il existe un point z intérieur à C, tel que la suite $z_n = f_n(z)$ contient une infinité de points tendant vers α et restant dans un angle formé par deux cordes de C issues d'un point α. Les autres points de Γ seront appelés de deuxième sorte. Supposons qu'il y ait deux points α et β de deuxième sorte intérieurs à Γ. Divisons l'intérieur de C en deux segments $\mathcal{G}$ et $\mathcal{H}$ par la corde $\alpha\beta$. Soit z un point intérieur à C. La corde $\alpha\beta$ ne contient qu'un nombre fini de points z_n, autrement α ou β serait de première sorte. Donc, à partir d'un certain rang, nous pouvons partager les z_n en deux suites z_p et z_q, z_p dans $\mathcal{G}$, z_q dans $\mathcal{H}$.

La suite z_p contient une suite partielle z_ρ, telle que $z_{\rho+1}$ est dans $\mathcal{H}$, car autrement $\mathcal{H}$ ne contiendrait qu'un nombre fini de points z_n, donc Γ serait identique à l'un des deux arcs $\alpha\beta$, ce qui contredit l'hypothèse que α et β sont intérieurs à Γ. On a $z_{\rho+1} - z_\rho \to 0$, pour $\rho \to \infty$, autrement la suite (ρ) contiendrait une suite (σ) telle que $|z_{\sigma+1} - z_\sigma| > h > 0$, h fixe. La suite (σ) contiendrait une suite (τ) telle que $f_\tau(z)$ converge vers une fonction holomorphe à l'intérieur de C, qui se réduirait à une constante, puisque sa valeur absolue égalerait partout l'unité. Donc $|z_{\tau+1} - z_\tau| = |f_\tau(z_1) - f_\tau(z)| \to 0$, en contradiction avec $|z_{\tau+1} - z_\tau| > h > 0$. Une conséquence de $z_{\rho+1} - z_\rho \to 0$ est que z_ρ ne peut avoir d'autres limites que α et β. Donc sans restreindre la généralité nous admettons la présence d'une suite (ρ) telle que $z_\rho \to \alpha$ dans $\mathcal{G}$ et $z_{\rho+1} \to \alpha$ dans $\mathcal{H}$, α étant de deuxième sorte. Pour un point ζ arbi-

[1] *Comptes rendus*, 182, 1926, p. 42.

traire de l'intérieur de C la suite ζ_ρ tend vers α et tel que la fonction harmonique $u_\rho(\zeta) = \arg(\zeta_\rho - \alpha)$ ne peut avoir d'autre limite, pour ρ infini, que $\arg\alpha \pm \frac{\pi}{2}$. Pour le point z on a, que $u_\rho(z)$ et $u_{\rho+1}(z)$ tendent chacune vers une limite, l'une vers $\arg\alpha + \frac{\pi}{2}$, l'autre vers $\arg\alpha - \frac{\pi}{2}$. Les fonctions $u_\rho(z)$ étant uniformément bornées dans C, elles y sont également continues, d'où il suit que de la suite (ρ) on peut extraire une suite (μ), telle que u_μ tend vers une fonction harmonique dans C.

Cette fonction ne prend que les valeurs $\arg\alpha \pm \frac{\pi}{2}$, donc elle est constante, ce qui est en contradiction avec le fait que $u_\mu(z)$ et $u_\mu(z_1) = u_{\mu+1}(z)$ tendent vers des limites différentes. Nous avons donc établi que tous les points de Γ, sauf peut-être un seul, sont de première sorte. Si α est un tel point, il existe une suite $\zeta_p \to \alpha$ dans un angle formé par deux cordes $\alpha\alpha'$ et $\alpha\alpha''$ de C. Puisque $\zeta_{p+1} \to \alpha$, on a $f(\zeta_p) \to \alpha$. Remarquons maintenant que Γ contient une épaisseur pleine de points α, tels que $f(z)$ tend vers une même limite, quand z tend vers α dans un angle formé par deux cordes arbitraires $\alpha\alpha'$ et $\alpha\alpha''$ de C. En combinant ces faits nous voyons que Γ contient une épaisseur pleine de points α, tels que $f(z) \to \alpha$, si z tend vers α suivant le rayon. Puisque $f(z)$ est bornée, l'intégrale de Cauchy montre immédiatement que $f(z)$ est prolongeable au delà de Γ; on aurait donc identiquement $f(z) = z$.

Cette contradiction démontre le théorème.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les fonctions méromorphes qui admettent un théorème d'addition ou de multiplication.* Note de M. **J.-F. Ritt.**

Représentons par $f(z)$ une fonction méromorphe. Il existe, dans certains cas, une fonction linéaire $\lambda(z)$ telle que $f[\lambda(z)]$ est une fonction algébrique de $f(z)$. Il s'agit de déterminer tous ces cas.

On peut supposer, sans diminuer la généralité, que $\lambda(z) = z + m$ ou $\lambda(z) = mz$, avec m constant.

Une première simplification du problème résulte d'un théorème de M. Picard, d'après lequel, si deux fonctions méromorphes sont liées par une relation algébrique, le genre de la relation ne peut pas dépasser un. Lorsque le genre est un, les deux fonctions sont des fonctions elliptiques d'une fonction entière.

On démontre que, si $f[\lambda(z)]$ et $f(z)$ satisfont à une relation de genre un, elles sont des fonctions elliptiques d'une fonction entière $g(z)$ telle $g[\lambda(z)] = \mu[g(z)]$, où $\mu(z)$ est linéaire. C'est là un résultat qui n'est guère qu'une conséquence immédiate du théorème de M. Picard. On trouve facilement des expressions pour $g(z)$, $\lambda(z)$ et $\mu(z)$.

Le cas de genre nul est plus compliqué. On a les possibilités suivantes :

1° $f(z)$ est une fonction elliptique d'une fonction entière $g(z)$, où $g[\lambda(z)]$ s'exprime linéairement par $g(z)$.

2° $f(z) = R[h(z)]$, où $R(z)$ est une fonction rationnelle, et $h(z)$ une fonction méromorphe telle que l'une des fonctions $h(z)$ et $h[\lambda(z)]$ s'exprime rationnellement par l'autre. Si $\lambda(z) = mz$, $h(z)$ est une fonction de Poincaré admettant un théorème de multiplication rationnelle. On n'a pas encore déterminé les fonctions méromorphes $h(z)$ telles que $h(z+m)$ est une fonction rationnelle de $h(z)$. Il y en a qui se déduisent des fonctions de Poincaré par une substitution, mais il est loin d'être certain qu'on les trouve toutes ainsi.

3° $f(z) = R\left(h\left[\sqrt[n]{g(z)}\right]\right)$, où $R(z)$ est rationnelle, n entier, $g(z)$ une fonction entière telle que $\sqrt[n]{g[\lambda(z)]} = \mu\left[\sqrt[n]{g(z)}\right]$ avec $\mu(z)$ linéaire, et où $h(z)$ est une des fonctions suivantes : e^z, $\cos z$, $\gamma(z)$; dans le cas lemniscatique $(g_3 = 0)$, $\gamma^2(z+u)$; dans le cas équianharmonique $(g^2 = 0)$, $\gamma'(z)$ et $\gamma^3(z+u)$. Il y a un nombre limité de possibilités pour les constantes n et u. On détermine facilement les formes possibles de $g(z)$, $\lambda(z)$ et $\mu(z)$. Aucune des fonctions $h(z)$, $h[\mu(z)]$ ne sera une fonction rationnelle de l'autre.

THÉORIE DES FONCTIONS. — *Sur un théorème de M. P. Lévy.* Note de M. G. **Valiron**, présentée par M. Hadamard.

Dans une Note récente [1], M. Paul Lévy a démontré un intéressant théorème d'une forme entièrement nouvelle sur le rapport $\varphi(z)$ entre le terme maximum d'une fonction entière et le module maximum de la fonction pour la valeur z du module de la variable : *n parcourant la suite des entiers positifs et z_n étant une valeur quelconque de z pour laquelle le rang du terme maximum est n, ou bien pour laquelle il existe deux termes maxima dont*

[1] *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 1048. J'emploie dans cette Note les notations de M. Lévy.

les rangs comprennent entre eux (au sens large) la valeur n, la série

(1) $$\Sigma\varphi(z_n)$$

est divergente.

M. Lévy a montré dans sa Note que ce résultat peut être précisé dans le cas des croissances régulières. J'ai signalé à M. Lévy que l'on peut construire des fonctions pour lesquelles toutes les séries de la forme

(2) $$\Sigma v_n, \qquad v_n = \frac{\varphi(z_n)}{\rho\left[\frac{1}{\varphi(z_n)}\right]}$$

convergent pourvu que $\rho(u)$ soit une fonction indéfiniment croissante telle que

$$\sum \frac{1}{n\rho(n)}$$

converge. En utilisant ma méthode d'une façon plus complète, M. Lévy a prouvé que la série (2) peut converger, dès que $\rho(u)$ est une fonction indéfiniment croissante, à croissance aussi lente que l'on veut. *Il s'ensuit que son théorème est le plus précis parmi ceux de la même forme.* C'est cette proposition complète que nous établirons ici.

En employant la représentation géométrique introduite dans ces questions par M. Hadamard, on voit que, Ox et Oy étant quelconques et Π un polygone convexe vers les y négatifs dont les sommets ont des abscisses entières positives ou nulles et dont la pente des côtés croît indéfiniment, la fonction $F(z)$ pour laquelle $-\log A_n$ est l'ordonnée du point d'abscisse n de Π est une fonction entière : μ_n est la pente du côté de Π entre les points d'abcisses n et $n+1$, la condition relative à la pente des côtés se traduit par la divergence de $\sum \frac{1}{a_n}$. On peut prendre un polygone Π dont les abscisses n_p des sommets croissent aussi vite que l'on veut. Pour n compris entre n_p et n_{p+1}, on aura

$$\varphi(z_n) = \frac{f(z_n)}{F(z_n)} < \frac{1}{n_{p+1}-n_p+1},$$

donc, en supposant $n_{p+1} > 2n_p$,

$$\sum_{n_p+1}^{n_{p+1}-1} v_n < \frac{1}{\rho(n_{p+1}-n_p+1)} < \frac{1}{\rho(n_p)} \quad [1].$$

---

[1] C'est ici que M. P. Lévy a complété mon raisonnement.

La fonction $\rho(u)$ étant donnée, on peut choisir la suite des n_p assez rapidement croissante pour que

$$\sum_p \frac{1}{\rho(n_p)}$$

converge. Pour prouver la convergence de la série (2), il reste à établir que, quel que soit le choix des z_{n_p}, la série

(3) $$\sum_p v_{n_p}$$

est aussi convergente. Or on a

$$\varphi(z_{n_p}) < \frac{1}{1+\lambda_{n_p}+\ldots+\lambda_{n_p}^{n_{p+1}}} = \frac{1-\lambda_{n_p}}{1-\lambda_{n_p}^{n_{p+1}-1}}$$

et le dénominateur tend vers zéro pourvu que $\lambda_{n_p}^{n_p}$ tende vers zéro, ce qui a lieu dès que

(4) $$\lim \frac{a_{n_p}}{n_p} = 0.$$

Dans ces conditions, la série (3) converge dès que

(5) $$\sum \frac{1}{a_{n_p}\rho\left(\frac{1}{2}a_{n_p}\right)}$$

converge, et il faut, pour que $F(z)$ soit une fonction entière, que

(6) $$\sum \frac{1}{a_{n_p}}$$

diverge. On peut supposer a_{n_p} compris entre $\sqrt{p}$ et p^2 : la condition (4) est vérifiée, et les conditions relatives aux séries (5) et (6) sont compatibles d'après un théorème de M. Hadamard [1].

HYDRODYNAMIQUE. — *Une généralisation du tourbillon sphérique de Hill.* Note [2] de M. A. **Liénard**, présentée par M. Brillouin.

Lorsqu'un liquide, où est plongée une sphère immobile de rayon a, est animé d'un mouvement irrotationnel avec vitesse uniforme V_0 à l'infini, la

---

[1] *Acta mathematica*, 18, 1894, p. 325.
[2] Séance du 11 janvier 1926.

fonction de courant qui définit le mouvement a pour expression en coordonnées sphériques

$$(1)\qquad \psi_1 = \frac{V_0}{2}\left[r^2 - \frac{a^3}{r}\right]\sin^2\theta.$$

Hill a montré, en 1894 [1], que l'on pouvait supposer la sphère solide remplacée par du liquide sans modification du mouvement extérieur, à condition de donner au liquide intérieur un mouvement tourbillonnaire dérivant de la fonction de courant

$$(2)\qquad \psi_2 = -\frac{3}{4}V_0\left[r^2 - \frac{r^4}{a^2}\right]\sin^2\theta.$$

Le tourbillon, normal en chaque point au plan méridien, a pour valeur $\frac{15}{4}V_0\frac{r}{a^2}\sin\theta$.

Grâce à ce que les valeurs de $\frac{\partial\psi}{\partial r}$ pour (1) et (2), ainsi que les valeurs de ψ et de $\frac{\partial\psi}{\partial\theta}$, se raccordent sur la sphère $r = a$, il y a continuité de la pression aussi bien que de la vitesse à la traversée de la sphère.

On satisfait encore aux conditions indéfinies du mouvement en combinant les formes d'expressions (1) et (2) et prenant

$$(3)\qquad \psi_3 = \left(A r^4 + B r^2 + \frac{C}{r}\right)\sin^2\theta.$$

Choisissons les rapports des coefficients A, B, C de sorte que ψ_3 s'annule pour $r = a$ et pour $r = b < a$. Puis fixons le coefficient de proportionnalité par la condition que la valeur de $\frac{\partial\psi_3}{\partial r}$ se raccorde avec celle de $\frac{\partial\psi_1}{\partial r}$ sur la sphère $r = a$. Cela donne

$$(3')\qquad \psi_3 = \frac{3}{2}V_0\,\frac{r^4(a^3 - b^3) - r^2(a^5 - b^5) + \frac{1}{r}a^3b^3(a^2 - b^2)}{(a-b)^2[2a^3 + 4a^2b + 6ab^2 + 3b^3]}\sin^2\theta.$$

Le numérateur n'admet pas d'autre racine positive que a et b, car il ne présente que deux variations.

Le mouvement ψ_3 peut faire prolongement du mouvement (1) entre les sphères $r = a$ et $r = b$.

A l'intérieur de la sphère de rayon b, on pourra :

---

[1] *Philosophical Transactions*, série A, 185, 1894, p. 213.

1° Soit supposer une sphère solide;

2° Soit supposer un tourbillon sphérique de Hill qui se déduirait de (2) par le changement de a en b et l'introduction du facteur négatif

$$-\frac{3a^3+6a^2b+4ab^2+2b^3}{2a^3+4a^2b+6ab^2+3b^3};$$

3° Soit encore supposer un nouveau mouvement de la forme (3) avec d'autres valeurs des coefficients A, B, C.

La masse liquide entre les sphères de rayons a et b est constamment la même. Les lignes de courants, situées dans des plans méridiens, ont pour équation $\psi_3=\text{const}$. Ce sont des courbes fermées comprises entre les demi-cercles $r=a$, $r=b$ et l'axe polaire $\sin\theta=0$.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur un nouvel isolant électrique.*

Note [1] de M. **André Samuel**, présentée par M. Ch. Moureu.

On sait, par des exemples comme celui de l'ébonite, combien s'améliorent les propriétés diélectriques des isolants organiques d'origine naturelle, quand on les combine avec du soufre; on pouvait donc supposer qu'il en serait de même pour les isolants synthétiques.

Dans cet ordre d'idées nous avons porté notre étude sur les produits de condensation de l'aldéhyde formique avec les phénols.

Nous avons d'abord préparé et déshydraté par les procédés bien connus un produit de condensation de l'aldéhyde formique avec le crésol; nous avons arrêté la polymérisation à cet état visqueux intermédiaire où la substance est encore très soluble dans l'alcool et l'acétone.

Dans cet état nous la traitons avec précautions par le chlorure de soufre S^2Cl^2 en neutralisant l'acide chlorhydrique à mesure qu'il se forme. On arrête la réaction dès qu'il y a un excès de chlorure de soufre.

Le rapport du chlorure de soufre consommé au composé formo-phénolique initial est très constant (environ 12 pour 100), et le produit finalement obtenu est toujours semblable à lui-même.

On peut le purifier par des dissolutions et précipitations successives et l'on obtient ainsi une poudre blanche de densité 1,18.

Pour le moment nous réservons l'étude de sa constitution chimique et nous lui donnerons le nom de *thiolite*, qui rappelle son origine.

---

[1] Séance du 11 janvier 1926.

Notons seulement que le chlorure de soufre a réagi en laissant tout son soufre à l'état combiné et en perdant tout son chlore à l'état de gaz chlorhydrique.

Nous verrons plus loin que les propriétés diélectriques de cette substance sont remarquables; mais, pour les applications pratiques, préoccupons-nous d'abord des propriétés qui assurent la facilité d'emploi.

La thiolite n'a aucune odeur. La poudre a la propriété de se ramollir à la chaleur vers 80° à la pression atmosphérique et de passer par un état de fusion franche quand on la chauffe brutalement sous une pression de quelques kilogs, puis elle se durcit en se polymérisant *sans aucun dégagement gazeux*.

Vers 150° sous une presse chauffante la fusion est suivie presque instantanément de la polymérisation complète, ce qui permet en des temps très courts de fabriquer des pièces moulées de structure vitreuse.

La matière est alors très dure et parfaitement insoluble dans tous les dissolvants.

Elle est infusible et ininflammable et ne se ramollit pas à la chaleur. Elle n'absorbe pas l'humidité de l'air et elle résiste d'une façon remarquable à l'action des agents chimiques.

Des pièces ainsi réalisées au début de nos travaux n'ont au bout de quatre années manifesté aucune altération.

La poudre non polymérisée a la propriété de se dissoudre presque instantanément dans un grand nombre de dissolvants organiques : alcool, carbures, acétone, acétate d'éthyle, furfurol, oxyde de mésityle, cyclohexanol, pyridine, etc.

On réalise ainsi des vernis que l'on peut évaporer et polymériser très rapidement sans dégagement gazeux.

Ils sont parfaitement neutres, très fluides, même à l'état concentré, et une fois secs ils ont un pouvoir isolant tout à fait remarquable.

Un barreau de cuivre recouvert ainsi d'une pellicule isolante de quelques millièmes de millimètre (polymérisée par la chaleur) s'électrise par frottement et attire les corps légers aussi bien qu'un morceau d'ambre.

Pour ce qui concerne ces propriétés isolantes, les déterminations suivantes ont été faites par le Laboratoire Central d'électricité sur la matière polymérisée :

Résistivité : 300×10^6 mégohms : cm environ. Ce chiffre tout à fait considérable permet de s'expliquer l'électrisation facile par frottement.

Pouvoir inducteur spécifique : 4,5 environ.

Pertes diélectriques en haute fréquence : $C = 54 \times 10^{-6}$.

Rigidité diélectrique. — Tension alternative de rupture entre électrodes en forme de disque, moyennes de plusieurs essais :

Épaisseur des éprouvettes.	Tensions *efficaces*.	Tensions de rupture *vraies* rapportées à 1^{mm}.
mm	volts	volts
4,1	58000	19900
2,1	35000	23600
1,6	33000	29100
1,3	28000	30400
1,0	24000	33900
0,1	6500	91800

Du point de vue purement scientifique, ce produit présente un grand intérêt par son pouvoir isolant remarquable, qu'il faudra plus tard expliquer par sa constitution.

OPTIQUE. — *Sur une méthode conduisant à l'obtention d'images « péristéréoscopiques ».* Note de M. **Gustave Bessière**, présentée par M. L. Lumière.

I. La méthode proposée fournit des images dont la perspective se modifie de maniere continue et correcte pour tout déplacement horizontal du spectateur. On sait que les images intégrales de G. Lippmann changeraient d'aspect pour un déplacement quelconque. Je me suis proposé de représenter sur une surface plane unique tous les aspects que présente un objet quand le spectateur se déplace horizontalement entre deux limites, ce qui réalise l'effet Lippmann limité au sens horizontal et assure la perception du relief.

Le problème relève de la perspective géométrique et les images péristéréoscopiques de figures simples peuvent être obtenues au tire-lignes avec assez de netteté pour vérifier le principe de la méthode. C'est ainsi que j'ai opéré au début de mes recherches.

II. La méthode est basée sur les considérations suivantes :

Soit un objet K situé en arrière du tableau (*fig.* 1); imaginons que le point de vue au lieu de rester fixe au point O ait la liberté de se déplacer horizontalement le long du segment AB choisi comme base. Disposons devant le tableau et parallèlement à celui-ci un écran opaque muni d'une fente verticale linéaire *f*.

Les rayons visuels s'appuyant sur la base AB et la fente f forment une congruence linéaire qui remplit tout le prolongement du dièdre AfB au delà du tableau et englobe tout ou partie de l'objet.

Les traces sur le tableau des rayons qui rencontrent l'objet constituent, de cet objet, une image étroite et déformée que l'on peut déterminer géométriquement. Pour tous les points de la base AB, l'image et l'objet vus à travers la fente coïncident par construction.

Pratiquons sur l'écran d'autres fentes verticales de manière à obtenir un réseau ligné de pas égal à $AB \times \frac{e}{d}$ et traçons les autres images. Vu de tous les points de la base AB, l'objet coïncide, par construction, avec toutes ses images, et, pour un spectateur qui va de A en B, il revient au même d'examiner l'objet à travers le réseau ou les images à travers ce même réseau. On peut donc retirer l'objet sans modifier en rien les sensations visuelles du spectateur. Dans le cas d'un sujet étendu, chaque image élémentaire représentera seulement une tranche de ce sujet réduite horizontalement dans un rapport qui dépend des données choisies. On remarquera que cette théorie ne fait intervenir aucune considération physique.

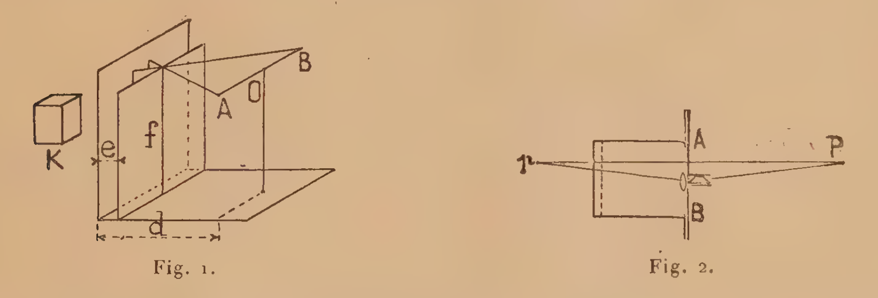


Fig. 1.

Fig. 2.

III. L'application de la méthode à la photographie impose la nécessité de former un espace-image où les divers plans de l'espace-objet viennent se mettre en place dans l'ordre convenable qui est l'inverse de celui que fournirait un objectif ordinaire.

Voici le plus simple des dispositifs réalisés à cet effet.

Un objectif ordinaire peut se déplacer horizontalement devant la chambre noire sur une base AB (*fig.* 2). Il reçoit à travers un diaphragme très petit les rayons lumineux préalablement déviés par un prisme à réflexion totale formant inverseur. La plaque sensible est doublée en avant d'un réseau dont le pas est déterminé comme il a été dit.

Pendant la durée de la pose, on déplace le système optique de A en B.

Les rayons issus d'un point P convergent vers le point *p* symétrique du point P par rapport à la droite AB.

La figure 3 représente le même dispositif schématisé, la ligne AB étant la base parcourue par l'objectif. L'image virtuelle d'un objet MN se formera

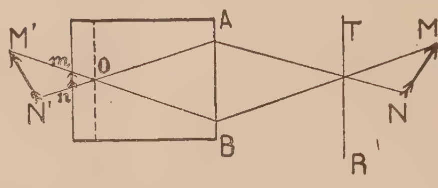


Fig. 3.

en M′N′ symétrique de l'objet par rapport à la ligne de base AB. La figure montre comment les rayons lumineux admis par une fente O réalisent d'eux-mêmes en *mn* la construction d'une image élémentaire de l'objet, comme il est exposé au paragraphe II.

Il convient de noter que l'image virtuelle M′N′ et l'objet MN étant symétriques par rapport à une droite sont égaux et superposables. Le maximum de netteté est obtenu quand l'objet est situé dans la région RT symétrique du réseau par rapport à la base AB.

On observera que l'objet MN ne pourra figurer que partiellement dans certaines images élémentaires et même manquer totalement si les dièdres correspondant à ces images ne le rencontrent pas.

L'épreuve négative obtenue dans cet appareil fournit, par contact, des positifs qu'il suffit de doubler chacun d'un réseau approprié pour obtenir des images péristéréoscopiques.

Mais l'appareil, tel qu'il vient d'être décrit, ne pouvant fournir que des images en vraie grandeur, n'aurait que des applications limitées. Pour réduire à volonté la dimension des images et augmenter le champ, j'ai employé une base circulaire. Dans ce cas, tout le système optique tourne autour d'un axe vertical situé vers l'arrière de l'appareil.

Pour étendre la méthode aux projections de vues fixes ou animées, on projettera les épreuves démunies de leur réseau sur la face arrière d'un écran translucide dont la face avant sera vue par les spectateurs à travers un réseau établi suivant des constantes appropriées.

Une théorie plus détaillée montrait que le spectateur peut occuper une position quelconque, dans toute l'étendue du champ correspondant à la base et que les zones de vision correcte se reproduisent périodiquement de part et d'autre des limites de cette base.

SPECTROSCOPIE. — *Sur l'interprétation des spectres émis par de l'azote solide et des mélanges solidifiés d'azote et de gaz inertes.* Note [1] de M. L. VEGARD, présentée par M. Deslandres.

Dans mes publications précédentes [2] sont exposés quelques phénomènes lumineux remarquables, qui apparaissent lorsque des gaz solidifiés sont bombardés par des rayons électriques.

Sous certaines conditions on observe en particulier plusieurs séries de bandes d'une structure simple.

Par le bombardement avec des *rayons canaux* on obtient dans de l'azote pur une série diffuse (A) et dans de l'argon contenant des traces d'azote deux séries plus distinctes (α) et (β).

Des *rayons cathodiques rapides* donnent : avec de l'azote pur deux séries diffuses (B) et (B′), et une série de doublets tranchés (C, C′). Dans de l'argon contenant des quantités petites d'azote, ils donnent naissance aux séries γ, γ', δ, δ', η et un *système* de séries ε.

Toutes les séries peuvent être exprimées par des relations de Deslandres :

(1) $$\nu = Q + R\mu + S\mu^2 \qquad (\mu = 0, 1, 2, \ldots).$$

Les valeurs des constantes Q, R, S sont données dans la table.

Le *système* des séries ε peut être représenté par l'équation

(2) $$\varepsilon_n^p = 16747 + 1755\,m + 16\,n^2 + (480 + 32\,n)\,p.$$

Chaque valeur de n (0, 1, ..., 7) correspond à une série en p (0, 1, ..., 6) où $\Delta\nu$ est constant.

Les grandes valeurs des constantes R *montrent que nous avons ici des séries oscillatoires.*

---

(1) Séance du 1er janvier 1926.

(2) L. VEGARD, *Kon. Akad. v. Wet.*, Amsterdam, 27, nos 1 et 2, 1924, p. 113; *Comm. of. Leiden Lab.*, 168a et 175; *Akad. Norv.*, Oslo, no 12, 1924; no 9, 1925; *Nature*, 113, 1924, p. 716; *Phys. Zeitschr.*, 25, 1924, p. 685; *Comptes rendus*, 178, 1924, p. 1153; 179, 1924, p. 35 et 151. — L. VEGARD, H. KAMERLINGH ONNES et W. H. KEESOM, *Kon. Akad. v. Wet.*, 27, no 5, 1925, p. 331; *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1084.

Séries.	Q.	R.	S.	T_0.		μ-interval.
A........	17374	1468	20,0			
B = β....	19550	1364	0 (?)			
B′........	20283	1364	0 »			
γ........	15872	1488	86,5			
γ′........	15987	1545	71,0			
η........	21604	1915	21,4			
C........	15645	1270,7	11,2	0		0—7
C′........	15601	1270,7	11,2	44		0—7
ϑ........	15090	1519,2	11,6	15882	866	11—16
α........	17423	1500	20,7 (?)	$16748 = \varepsilon_0^0$	866	15—21
δ........	16450	1560	12,0	17614		13—16

D'après Bohr, on a

$$\nu = \frac{w_1 - w_0}{h}. \tag{3}$$

L'énergie est donnée par une expression de la forme

$$\frac{w}{h} = \Sigma \nu_j + \sum_{i=1}^{i=f} (r_i \mu_i + s_i \mu_i^2) \qquad (\mu_i = 0, 1, 2, \ldots); \tag{4}$$

$h\Sigma\nu_j$ est l'énergie due aux transitions électroniques interatomiques, $h(r_i\mu_i + s_i\mu_i^2)$ est l'énergie d'un oscillateur, et f le nombre des degrés de liberté.

Si l'on insère (4) dans (3), on obtient la fréquence donnée par des équations de la forme (1) en supposant que les lignes de chaque série paraissent par des transitions entre un niveau fixe d'énergie et des niveaux successifs oscillatoires.

Les séries C, C′, ϑ, α, δ sont reliées par la formule

$$\nu = T_1(\mu) - T_0, \tag{5}$$

où

$$T_1(\mu) = 15645 + 1255\mu + 12,4\mu^2.$$

Chaque série a sa valeur de T_0 et son μ-intervalle donnés dans la Table.

Le système des séries ε est formé par des transitions entre deux termes oscillatoires, qui ont la même valeur de la constante s. Les équations (3) et (4) donnent

$$\nu = \Sigma\nu_j + r_1\mu_1 + s\mu_1^2 - r_0\mu_0 - s\mu_0^2.$$

Si s est positif, nous introduisons

$$\mu_1 - \mu_0 = n + n_0 \quad \text{et} \quad \mu_0 = p + p_0,$$

et l'on a

$$\nu = \nu_0 + Rn + sn^2 + (R' + 2sn)p. \tag{6}$$

Nous obtenons le système ε (2) en mettant

$$\nu_0 = \Sigma\nu_j + r_1 n_0 + sn_0^2 + 480 p_0 = 16747\,\text{cm}^{-1},$$
$$R = r_1 + 2s(n_0 + p_0) = 1755, \qquad R' = r_1 - r_0 + 2sn_0 = 480, \qquad s = 16.$$

Pour s négatif on obtient le système ε (2) en introduisant

$$\mu_1 - \mu_0 = n + n_0, \qquad \mu_1 = p_0 - p, \qquad s = 16;$$
$$\nu_0 = \Sigma\nu_j + r_0 n_0 - 480 p_0 + sn_0^2 = 16747\,\text{cm}^{-1};$$
$$R = r_0 - 2s(p_0 - n_0) = 1755, \qquad R' = r_0 - r_1 + 2sn_0 = 480.$$

Quant aux valeurs de n_0 et p_0 elles ne sont pas encore fixées.

Le rapprochement entre les séries de l'azote pur et celles de l'argon contenant des traces d'azote, montre que *toutes les séries appartiennent à l'azote.*

Les séries ε et η, comme les bandes N_1, N_2 et N_3, apparaissent dans la lumière persistante, et par conséquent *ces lignes sont caractéristiques de la forme cristalline de l'azote.*

ATOMISTIQUE. — *Production de lumière ultraviolette par impact d'électrons de faible vitesse sur la surface d'un métal.* Note de M. **Pierre Bricout**, présentée par M. Deslandres.

L'expérience décrite ci-dessous peut être considérée comme le prolongement naturel des tentatives faites pour raccorder le domaine des rayons X de grande longueur d'onde avec celui des rayons ultraviolets. Les nombreux expérimentateurs qui se sont occupés de cette question et, en particulier, MM. Holweck, Kurth, Horton et Davies, Thomas, ont montré que l'impact sur une anode métallique d'électrons émis par un filament incandescent et accélérés par une différence de potentiel V, produisait une radiation décelable par son pouvoir ionisant ou son effet photo-électrique et à laquelle ils ont, avec Einstein, assigné une fréquence maxima ν_m telle que

$$h\nu_m = eV.$$

L'application de cette formule dans laquelle V est la différence de potentiel totale subie par l'électron, laisse place à de nombreuses incertitudes (valeur de la fonction Φ de Richardson, correction pour l'énergie

initiale d'émission des électrons, etc.) et ne donne qu'une idée très grossière de la nature de la radiation produite par des électrons accélérés par des différences de potentiel de quelques volts.

Pour préciser ce point, j'ai cherché à produire des radiations de longueur d'onde suffisamment longues pour pouvoir être décelées par la méthode spectrographique. Mais deux graves difficultés se présentent : d'une part, par suite de l'existence de la charge d'espace, l'intensité du courant électronique décroît rapidement quand la différence de potentiel filament-anode diminue; d'autre part, les radiations visibles et ultraviolettes émises par le filament tendent à masquer l'effet cherché. L'emploi du dispositif suivant permet d'atténuer considérablement ces inconvénients :

Un filament à grand pouvoir thermionique (tungstène thorié ou mieux platine recouvert d'oxydes alcalino-terreux) est tendu dans l'axe d'une ampoule cylindrique de silice fondue transparente aux rayons ultraviolets jusqu'à $\lambda 2100$ environ. L'anode qui doit être soumise au bombardement électronique est située dans un plan radial passant par l'axe du filament et à une très petite distance de celui-ci; elle est constituée par une bande de platine étroite et légèrement incurvée. Grâce à cette disposition, aucun rayon lumineux émis par le filament n'atteint directement la surface de la plaque. Le filament et l'anode sont entourés par une plaque cylindrique de molybdène que l'on peut porter à un potentiel positif (quelques milliers de volts) par rapport au filament. Un vide très élevé règne à l'intérieur du tube qui a été scellé après pompage au moyen d'une pompe à diffusion munie d'un piège à air liquide et étuvage à haute température : la stabilité des caractéristiques de fonctionnement du tube montre que toute trace appréciable de gaz a été éliminée et que la décharge peut être considérée comme purement électronique.

Pour utiliser l'appareil, on porte la plaque de platine à un potentiel supérieur de quelques volts et le cylindre de molybdène à un potentiel supérieur de quelques milliers de volts à celui du filament, et l'on établit simultanément au moyen de solénoïdes enfilés sur le tube un champ magnétique sensiblement uniforme parallèle au filament. L'expérience montre que pour des valeurs convenables de la différence de potentiel appliquée entre le filament et le cylindre de molybdène et de l'intensité du champ magnétique, le courant électronique reçu par la plaque de platine est considérablement augmenté. Les électrons extraits du filament par le champ électrostatique intense qui règne à sa surface, suivent dans le champ magnétique des trajectoires incurvées dont une notable proportion ren-

contre la plaque de platine. On peut ainsi, sans éclairer celle-ci, obtenir avec des différences de potentiel de quelques volts des courants électroniques de l'ordre de quelques milliampères par centimètre carré.

La radiation produite, après avoir traversé une ouverture pratiquée dans le cylindre de molybdène et la paroi du tube, est concentrée par une lentille de fluorine sur la fente d'un spectrographe monochromateur Van Cittert de grande luminosité, réglé de manière à ne transmettre que les radiations de longueur d'onde plus courte que 2300 Å. Ces radiations recomposées sont enregistrées sous forme d'une image linéaire par une plaque photographique.

J'ai réalisé l'expérience dans les conditions indiquées ci-dessus. Avec un courant électronique de 1 milliampère sur une anode de platine de 10^{mm^2} portée à + 6 volts par rapport au filament, j'ai enregistré nettement sur une plaque Lumière, étiquette violette, exposée pendant 20 heures, une radiation de longueur d'onde comprise entre 2300 Å et 2100 Å.

Cette radiation pouvant être due à la luminescence d'une trace de gaz ou à l'illumination de la surface de la plaque par la lumière provenant du filament et réfléchie par le cylindre de molybdène et les parois du tube, j'ai recommencé une expérience de même durée dans des conditions exactement analogues, avec cette seule différence que l'anode de platine était isolée et ne recevait, par conséquent, aucun courant électronique. Aucune radiation n'a pu être décelée dans ces conditions.

Il semble donc bien que la radiation ultraviolette mise en évidence dans la première expérience est due à l'excitation des atomes du métal par les chocs électroniques. De nouvelles expériences en vue d'analyser les radiations produites et d'essayer de déceler les radiations caractéristiques du métal sont actuellement en préparation.

MAGNÉTOCHIMIE. — *Propriétés magnétiques du radical carbonyle.*
Note de M. **P. Pascal**, présentée par M. H. Le Chatelier.

L'oxygène est le seul constituant dont les propriétés magnétiques naturelles ne se retrouvent pas, plus ou moins altérées, en combinaisons organiques. Son paramagnétisme fait généralement place à un diamagnétisme certain, et la part contributive de l'atome d'oxygène dans la susceptibilité moléculaire varie d'une façon inattendue, non seulement avec le mode de liaison auxquelles conduisent les formules développées actuelles, mais encore avec la nature des groupes voisins de la fonction oxygénée.

Jusqu'ici, nos travaux avaient conduit à attribuer à l'oxygène simplement lié une susceptibilité atomique constante égale à -46.10^{-7}, mais l'oxygène du groupe carbonyle paraissait prendre des susceptibilités variables avec chaque type de corps et sans relations les unes avec les autres. Paramagnétique dans les aldéhydes et les cétones, il paraissait très irrégulièrement diamagnétique dans tous les autres corps où il voisinait avec un élément à affinités résiduelles, comme l'oxygène ou l'azote. Une étude détaillée des amides, des urées, des carbamates, nous a permis de découvrir des régularités remarquables qui apparaîtront à l'examen du tableau ci-dessous, dans lequel nous donnons le module relatif au groupe CO :

	Observé.	Calculé.	
Dans les aldéhydes...	$-42,5.10^{-7}$		
» les amides.....	-75	$-(42,5+32,5)$	$=-75$
» les acides.....	$-93,5$	$-(42,5+51)$	$=-93,5$
» l'urée........	$-107,5$	$-(42,5+2\times 32,5)$	$=-107,5$
» les carbamates.	$-128,5$	$-(42,5+32,5+51)$	$=-126$
» les carbonates.	-130	$-(42,5+51+36,5)$	$=-130$

Contrairement à nos formules développées qui attribuent au groupe CO une configuration uniforme dans tous ces dérivés, en dépit de leurs propriétés chimiques si différentes, l'analyse magnétique permet de fixer un module variable, par la majoration du diamagnétisme du radical carbonyle des aldéhydes égale à

$-32,5.10^{-7}$ pour chaque groupe NH^2 fixé au radical;

-51.10^{-7} pour le premier oxygène simplement lié;

$-36,5$ pour le second oxygène.

L'accord entre les valeurs expérimentales et les valeurs est alors aussi bon qu'on peut le souhaiter.

Mais tout cela suppose que l'azote des groupes amino ne soit pas lui-même substitué. Des déterminations faites en effet sur de nombreuses urées et des carbamates substitués ont donné pour la part contributive du groupe CO les valeurs suivantes au facteur -10^{-7} près :

Urée..................	$-107,5$	Urée..................	$-107,5$
Méthylurée...........	-76	Phénylurée [1].........	-160
Tétréthylurée.........	$+69$	*a*-*b*-Diphénylurée......	-195
Carbamates...........	$-128,5$	*a*-Méthyl-*b*-phénylurée..	$-164,5$
Ethylcarbamates......	-37	*a*-*a*-Diéthyl-*b*-phénylurée	-139
Diéthylcarbamates.....	-41	Biuret..................	$-124,5$
Phénylcarbamates.....	-120		

(1) On notera que l'accumulation de radicaux aromatiques sur le même azote fait interférer en partie leur action. Ainsi, la triphénylurée donne pour CO le nombre $-82,5.10^{-7}$.

En résumé, l'exaltation diamagnétique provoquée par l'azote est encore accentuée quand il est substitué par un radical négatif, elle est nettement atténuée par la substitution de radicaux positifs. Les composés à oxygène doublement lié cessent donc de constituer des anomalies irréductibles dans les lois d'additivité du diamagnétisme.

CHIMIE PHYSIQUE. — *A propos des alliages fer-sulfure de fer.* Note de M. B. **Bogitch**, présentée par M. Henry Le Chatelier.

Ces alliages ont été déjà l'objet d'un grand nombre de recherches, notamment de la part de MM. Henry Le Chatelier et Ziégler, Treitschke et Tammann, Friedrich, Baykoff et Troutneff, et Guetler.

D'après certaines de ces études, le fer et son sulfure seraient miscibles à l'état liquide en toutes proportions. D'après d'autres, au contraire, ces corps fondus ensemble donneraient naissance à deux phases liquides superposées par ordre de densités. Suivant Treitschke et Tammann, la couche supérieure est riche en soufre. Elle en contient 29,12 pour 100. La couche inférieure est riche en fer et ne renferme que 2,54 pour 100 de soufre (1).

On trouvera ci-dessous les résultats de mes recherches :

Fer électrolytique et sulfure de fer à 30 *pour* 100 *de soufre.* — Aucun des nombreux mélanges de ces deux corps que j'ai fondus dans des creusets en terre réfractaire, sous une couche de silicate de soude (par conséquent à l'abri de l'oxydation et de la carburation), ne m'ont révélé, après la solidification, l'existence des couches. Voici, à titre d'exemple, les résultats de trois expériences :

	Mélanges fondus			Teneur en soufre pour 100 après la fusion.	
	Proportions pour 100.		Teneur en S calculée pour 100.	Partie supérieure.	Partie inférieure.
	Fe.	FeS.			
I	33	67	20	20,8	19,4
II	50	50	15	15,2	14,1
III	67	33	9,9	8,4	7,6

On voit que non seulement, ces alliages ne donnent pas lieu à la formation de deux couches liquides, mais que la ségrégation (séparation au moment de la solidification) à l'intérieur du métal est même tout à fait faible.

(1) *Zts. anorg. Chem.*, 49, 1906, p. 320.

Action du carbone. — Les choses se passent autrement, si la fusion des mélanges Fe-FeS est opérée dans des creusets en plombagine, sous une couche de silicate de soude et à des températures voisines de 1600°.

Tous les mélanges à teneur moyenne en soufre, comprise approximativement entre 22 et 8 pour 100, se séparent à l'état liquide en deux phases de composition différente et visibles soit à l'œil nu, soit à la loupe.

Les résultats ci-dessous se rapportent aux trois culots précédents qui, une fois analysés et photographiés, ont été refondus dans des creusets en plombagine.

	Teneurs en soufre pour 100.	
	Couche supérieure.	Couche inférieure.
I	22,4	7,6
II	21,7	6,5
III	23,1	4,6

La teneur en S des couches supérieures varie peu, celle des couches inférieures proportionnellement beaucoup plus. Les teneurs extrêmes en S constatées dans les couches inférieures sont 4,2 et 7,9 pour 100 correspondant aux teneurs en carbone 2,4 et 1,3 pour 100. Il semble donc que la quantité de soufre retenue par la couche inférieure soit une fonction de sa teneur en carbone, laquelle varie d'ailleurs d'une expérience à l'antre, suivant la température et la durée de chauffe (10 à 20 minutes à 1600° environ).

Aux températures 1350-1400°, même après une heure de chauffe, je n'ai pu obtenir la séparation.

Le rapport des épaisseurs des deux couches dépend de la teneur en S du mélange fondu. Au fur et à mesure que cette teneur diminue, l'épaisseur de la couche supérieure diminue aussi. Ainsi dans le culot III la couche supérieure se réduit à une mince pellicule, d'ailleurs bien visible à la loupe.

Action de l'oxygène. — En fondant les mélanges Fe-FeS dans des creusets en terre réfractaire, mais sans silicate, c'est-à-dire en oxydant le métal, je n'ai constaté dans les culots que de fortes ségrégations. Les teneurs extrêmes en S sont 21,10 dans le bas du culot et 10,3 pour 100 dans la partie centrale.

Action du cuivre. — L'addition de Cu aux alliages Fe-FeS produit tout d'abord une forte ségrégation. Quand la teneur en Cu dépasse 3 pour 100, il y a formation de deux couches, la couche supérieure entrant dans la catégorie des alliages dénommés mattes de cuivre.

Conclusions. — Aucun mélange de Fe-FeS fondu à l'abri des corps étrangers ne donne lieu à la formation de deux phases liquides.

Si la fusion est opérée en présence de certains corps en proportions variables on obtient, soit des métaux fortement hétérogènes, soit des doubles couches. Dans ce dernier cas, l'action du carbone est des plus intéressantes, car il produit un véritable déplacement de soufre dans ses alliages avec le fer. Il y a lieu de rapprocher ce fait d'un autre bien connu des aciéristes et dont la raison échappait jusqu'à présent : la désulfuration d'un acier par une scorie basique ne peut s'effectuer qu'en présence de carbone, introduit au préalable dans le métal fondu.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Déterminations de la vie moyenne dans l'état activé des molécules fluorescentes.* Note de M. **Francis Perrin**, présentée par M. Jean Perrin.

I. Dans une Note antérieure [1] sur la polarisation de la fluorescence, j'ai utilisé à tort, comme définition du taux de polarisation, l'expression

$$\rho = \frac{I_z - I_y}{I_z},$$

ce qui m'avait conduit à la formule

$$\rho = \frac{1}{4}\,\frac{\eta}{\eta + s} \quad \text{avec} \quad s = \frac{5}{6}\,\frac{RT}{V}\,\tau$$

$\left(\tau\right.$ étant la vie moyenne dans l'état activé, et $V = N\frac{4}{3}\pi r^3$ le volume réellement occupé dans la solution par une molécule-gramme du corps fluorescent$\left.\right)$.

En reprenant la définition correcte du taux de polarisation

$$p = \frac{I_z - I_y}{I_z + I_y}$$

---

(1) F. Perrin, *Comptes rendus*, **180**, 1925, p. 581.

on obtient, dans l'hypothèse que j'avais faite d'un oscillateur circulaire,

$$p = \frac{1}{7} \frac{\eta}{\eta + s} \quad \text{avec} \quad s = \frac{20}{21} \frac{RT}{V} \tau,$$

la valeur limite maximum étant $\frac{1}{7}$ au lieu de $\frac{1}{4}$ (¹).

II. L'expérience donnant des polarisations limites comprises entre 0,25 et 0,40, l'hypothèse d'un oscillateur circulaire est à abandonner, mais on peut démontrer, en utilisant les formules sur le mouvement brownien de rotation que j'ai données dans une Note récente (²), que la forme de la loi de variation de la polarisation en fonction de la viscosité η est générale, et que quelles que soient la nature de l'oscillateur auquel on assimile la molécule fluorescente, et la façon dont il est excité par le rayonnement incident, on doit avoir

$$p = p_0 \frac{\eta}{\eta + s} \quad \text{avec} \quad s = \left(1 - \frac{1}{3} p_0\right) \frac{RT}{V} \tau,$$

p_0 étant la polarisation qu'on observerait, toutes choses égales d'ailleurs, si le mouvement brownien de rotation n'existait pas.

La détermination expérimentale des constantes p_0 et s permet de calculer la vie moyenne τ. D'après les mesures de W. L. Lewschin on trouve ainsi $\tau = 0{,}16.10^{-8}$ sec pour l'érythrosine et $\tau = 0{,}14.10^{-8}$ sec pour le rose bengale en solution dans divers alcools.

III. Il semble que p_0 et τ sont en général indépendants de la viscosité (³), mais dépendent souvent du pouvoir diélectrique du solvant. Les variations de la vie moyenne τ sont d'ailleurs décelées par celles du pouvoir fluorescent; on a en effet vraisemblablement

$$\frac{\tau}{\tau_0} = k,$$

k étant le rendement de la fluorescence en nombre de quanta de lumière

(¹) Les valeurs maximum de la polarisation (solvant infiniment visqueux) avaient déjà été données par S. J. Wawilow et W. L. Lewschin dans un Mémoire dont je n'avais pas eu connaissance, pour un oscillateur linéaire $\left(p_0 = \frac{1}{2}\right)$ et pour un oscillateur circulaire $\left(p_0 = \frac{1}{7}\right)$ (*Zeit. für Physik*, 16, 1923, p. 135).

(²) F. Perrin, *Comptes rendus*, 181, 1925, p. 514.

(³) Parmi les corps fluorescents usuels il n'y a exception que pour les rhodamines, pour lesquelles τ dépend nettement de η.

(peu différent du rendement énergétique lumineux) et τ_0 la valeur qu'aurait la vie moyenne si la seule cause de retour à l'état normal de la molécule activée était l'émission de lumière.

4° La vie moyenne théorique τ_0 peut d'autre part être évaluée indirectement, en utilisant les formules d'Einstein relatives aux probabilités de passage d'un état stationnaire à un autre. On peut en effet montrer ainsi qu'elle est reliée au pouvoir absorbant de la substance, et que l'on doit avoir approximativement

$$\frac{1}{\tau_0} = \frac{8\pi n^2}{c^2} \nu_m^2 \frac{1}{\mathcal{N}} \int \alpha_\nu d\nu,$$

α_ν étant le coefficient d'absorption pour la fréquence ν d'une solution contenant $\mathcal{N}$ molécules fluorescentes par centimètre cube et l'intégration étant étendue à toute la bande d'absorption correspondante (n indice du solvant, c vitesse de la lumière, ν_m fréquence moyenne de la fluorescence).

Cette formule appliquée à la fluorescéine en solution alcaline dans l'eau donne $\tau_0 = 0,6.10^{-8}$ sec, en accord satisfaisant avec la valeur

$$\tau = 0,4.10^{-8} \text{ sec}$$

que donnent les mesures de polarisation relatives à des solutions dans des mélanges d'eau et de glycérine. Dans ce cas $k = 0,8$ d'après S. J. Wawilow [1].

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la déshydratation des α-glycols. Transpositions moléculaires des cétones en cétones.* Note de M. **Al. Favorsky** et Mlle **A. Tchilingaren**, présentée par M. Charles Moureu.

Prenant en considération l'existence des radicaux libres, A. Werner a supposé qu'à la liaison simple entre deux atomes de carbone correspondent dans des cas différents des quantités différentes d'affinité, que ces atomes dépensent en cette liaison. Cette hypothèse, d'après laquelle les atomes de carbone diffèrent l'un de l'autre, du point de vue dynamique, selon leur position dans la molécule de la substance, doit être développée, et il faut admettre que les atomes de carbone, élément plastique, selon l'expression de Michael, étant différents au sens dynamique, doivent aussi posséder une

(1) S. J. Wawilow, *Zeit für Physik*, 22, 1924, p. 266.

différence qualitative quant à leur aptitude supérieure ou moyenne à s'unir avec les atomes des autres éléments, et particulièrement avec ceux de l'oxygène.

La réaction de déshydratation des α-glycols en général et des pinacones en particulier est une réaction d'oxydation et de réduction isochrone; dans les aldéhydes et les cétones qui prennent naissance, l'oxygène forme un carbonyle avec celui des deux carbones hydroxylés de l'α-glycol, qui, en raison de son état dynamique, possède qualitativement une aptitude à s'oxyder supérieure à celle de son voisin. Cette aptitude plus grande d'un atome de carbone à s'oxyder est la cause fondamentale qui produit les transpositions moléculaires, et la migration de l'hydrogène ou d'un radical n'en est que la conséquence.

Si ces considérations répondent à la réalité, il doit en résulter, pour les cétones, la possibilité de transpositions moléculaires. Les cétones qui ne se forment pas à partir des α-glycols, mais qui peuvent être obtenues autrement, doivent être instables et doivent se transformer, dans des conditions convenables, en cétones, issues des α-glycols.

Nous avons réalisé le premier cas d'une transposition semblable avec la phénylisopropylcétone, qui se transforme en méthylphénylacétone sous l'influence du chlorure de zinc :

$$\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}\Big\rangle CH - CO - C^6H^5 \rightarrow \begin{matrix} CH^3 \\ C^6H^5 \end{matrix}\Big\rangle CH - CO - CH^3.$$

Le mécanisme de cette transposition peut être expliqué de deux manières : 1° le carbonyle peut rester à sa place, et ce sont le phényle et le méthyle qui permutent; 2° il y a migration de l'oxygène du carbonyle au carbone voisin, et l'hydrogène et le méthyle se mettent à sa place. Dans le premier cas, on aurait le mécanisme proposé par Tiffeneau et Meerwein pour expliquer les transpositions moléculaires des α-glycols.

$$\begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}\Big\rangle CH - CO - C^6H^5 \begin{cases} \rightarrow \begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \end{matrix}\Big\rangle \underset{|}{C} - \underset{\underset{|}{O}}{\underset{|}{CH}} - C^6H^5 \rightarrow \begin{matrix} CH^3 \\ CH^3 \\ C^6H^5 \end{matrix} C - C\Big\langle\begin{matrix} O \\ H \end{matrix} \rightarrow \begin{matrix} C^6H^5 \\ CH^3 \end{matrix}\Big\rangle \underset{|}{C} - \underset{\underset{|}{O}}{\underset{|}{CH}} - CH^3 \\ \qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\downarrow \\ \rightarrow CH^3 - \underset{|}{CH} - \underset{\underset{|}{O}}{\underset{|}{C}}\Big\langle\begin{matrix} C^6H^5 \\ CH^3 \end{matrix} \longrightarrow \begin{matrix} C^6H^5 \\ CH^3 \end{matrix}\Big\rangle CH - CO - CH^3 \end{cases}$$

Dans le second cas, il faut admettre l'intervention des éthers oxydes :

$$\begin{matrix} & \nearrow & \begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>\!\underset{\diagdown\,O\,\diagup}{C - CH} - C^6H^5 & \to & \begin{matrix}CH^3\\CH^3\\C^6H^5\end{matrix}\!\!>\!C - C\!\!<\!\begin{matrix}O\\H\end{matrix} & \to & \begin{matrix}CH^3\\C^6H^5\end{matrix}\!\!>\!\underset{\diagdown\,O\,\diagup}{C - CH} - CH^3 \\ \begin{matrix}CH^3\\CH^3\end{matrix}\!\!>\!CH - CO - C^6H^5 & & & & & & \downarrow \\ & \searrow & CH^3 - \underset{\diagdown\,O\,\diagup}{CH - C}\!\!<\!\begin{matrix}C^6H^5\\CH^3\end{matrix} & & \longrightarrow & & \begin{matrix}C^6H^5\\CH^3\end{matrix}\!\!>\!CH - CO - CH^3 \end{matrix}$$

Le dernier mécanisme, correspondant aux considérations exprimées plus haut, nous semble plus probable. On peut admettre que les aldéhydes prennent part à la transposition comme produits intermédiaires, si l'on considère la transformation de l'aldéhyde triphénylacétique en phényldésoxybenzoïne ([1]) et la transformation de l'aldéhyde triméthylacétique, au moment de sa formation, en méthylisopropylcétone ([2]).

La phénylisopropylcétone, obtenue par l'oxydation chromique du phénylisopropylcarbinol (éb. à 91°,5-92°,5 sous 10^{mm},5, semi-carbazone fus. à 167°-168°), fut introduite par gouttes dans un ballon, contenant du chlorure de zinc, et chauffée au bain métallique à 350°-360°. Des produits de la réaction on a retiré, pour 45^g de phénylisopropylcétone, 17^g d'une fraction distillante à 88°,5-89°,5 sous 10^{mm},5 (semi-carbazone fus. à 171°-172°, correspondante à la méthylphénylacétone ([3]).

15^g de cette fraction furent oxydés par une solution aqueuse d'acide chromique et de bisulfate de potasse. Les produits neutres, distillés sous 10^{mm},5, ont donné les fractions suivantes : I. 77°,5-82°, 1^g; II. 82°-83°, 1^g,6; III. 85°-87°,5, 2^g; IV. 88°,5-89°,5, 8^g. La deuxième fraction a donné une semi-carbazone (p. f. 198°-200°) correspondante à l'acétophénone.

L'étude des autres cétones est poursuivie.

([1]) S. Daniloff, *Journ. Soc. phys. chim. R.*, **51**, 1920, p. 126; *Bull. Soc. chim.*, 4e série, **36**, 1924, p. 1706.

([2]) Schindler, *Monatshefte f. Chem.*, **3**, 1892, p. 647. — Samec, *Ann. de Lieb.*, **351**, 1907, p. 260.

([3]) Tiffeneau, *Ann. Chim. Phys.*, 8e série, **10**, 1907, p. 363.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Synthèse de quelques composés cis-éthyléniques.* Note de MM. M. **Bourguel** et J. **Yvon**, présentée par M. Moureu.

Dans une Note précédente (¹), l'un de nous a montré que la semi-réduction de composés acétyléniques par voie catalytique, à l'aide d'un palladium colloïdal, conduisait, dans les cas étudiés, à la formation du seul composé cis-éthylénique.

Le palladium employé était déposé sur un support aussi neutre que possible : l'amidon, et les exemples choisis : le tolane conduisant à l'isostilbène, l'acide tétrolique à l'acide isocrotonique, l'acide acétylène-dicarbonique à l'acide maléique, enfin l'acide phénylpropiolique aux différents acides allo ou iso-cinnamiques.

Nous pensons qu'il doit toujours en être ainsi. Mais nous ne pouvions songer à augmenter indéfiniment la liste des exemples, car les complexes bien connus d'isomères, de la forme $R - CH = CH - R'$, sont peu nombreux. Nous eûmes alors recours à la vérification des hypothèses suivantes :

Puisqu'il est généralement admis que les composés *trans* sont plus stables que les composés *cis*, et que d'autre part les synthèses chimiques conduisent presque toujours aux composés *trans*, il était naturel de penser que, lorsque l'on ne connaît qu'un seul éthylénique de formule donnée, il est de constitution *trans*.

Si cette première hypothèse se vérifie et si, de plus, le catalyseur réalise bien la cis-addition, l'hydrogénation de l'acétylénique correspondant conduira à un isomère différent du composé connu jusqu'ici. L'expérience a bien donné ce résultat escompté.

L'hydrogénation des acides 1-butine et 1-pentine-carbonique

$$C^2H^5 - C \equiv C - CO^2H, \quad C^3H^7 - C \equiv C - CO^2H$$

a donné des acides 1-butène et 1-pentène-carbonique isomères des acides

$$C^2H^5 - CH = CH - CO^2H \quad \text{et} \quad C^3H^7 - CH = CH - CO^2H$$

déjà connus, mais très nettement distincts. De même l'hydrogénation de l'alcool phénylpropiolique $C^6H^5 - C \equiv C - CH^2OH$ nous a donné un alcool nettement différent de l'alcool cinnamique ordinaire : un alcool isocinnamique.

(¹) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 1753.

On pouvait bien penser avec Auwers ([1]) que les acides connus 1-butène-carbonique (Éb. 200° environ — 105° sous 15^{mm}) et 1-pentène-carbonique (Éb. 217°) étaient de constitution *trans*. Ils sont en effet préparés par l'acide malonique et les aldéhydes correspondantes; or cette synthèse appliquée au terme inférieur ne donne que l'acide crotonique (*trans*).

Les acides obtenus par hydrogénation bouillent : l'acide 1-butène-carbonique à 88°-88°,5 sous 15^{mm} ou à 184-185° sous 760^{mm}; l'acide 1-pentène-carbonique à 101°,5-102°,5 sous 15^{mm} ou 201°-202° sous 760^{mm}. Ce sont donc des isomères nettement distincts. L'isomérie est certainement d'ordre géométrique, car Auwers a vérifié la place de la double liaison des premiers; quant à celle des derniers elle ne peut être mise en doute.

Enfin, la progression des points d'ébullition des acides dus à la synthèse malonique : en C^4 (acide crotonique), 181°; en C^5, 200° environ; en C^6, 217°, comparée à la progression des mêmes points pour l'acide isocrotonique et nos acides : en C^4, 169°; en C^5, 184°,5; en C^6, 201°,5, montre que nos acides sont bien les homologues supérieurs de l'acide isocrotonique (*cis*). Nous avons de même obtenu un alcool allocinnamique distinct de l'alcool cinnamique ordinaire (du styrax). Alors que cet alcool fond à 32°, bout à 142°-144° sous 14^{mm}, le produit de l'hydrogénation de l'alcool phénylpropiolique bout à 125°,5 sous 13^{mm}, il reste liquide même à — 20° et, agité à cette température avec des cristaux d'alcool du styrax, non seulement il ne cristallise pas, mais il dissout ces cristaux. C'est donc un isomère nettement différent de l'alcool ordinaire.

Par une curieuse coïncidence, la phényluréthane fond à très peu de chose près au même point que celle qui est déjà connue : 89°,5 au lieu de 90°,5-91°. Les deux uréthanes sont toutefois distinctes car leur mélange intime fond mal et beaucoup plus bas : 60°-70°. Les odeurs des deux alcools cinnamiques sont nettement différentes.

En résumé, nous n'hésitons pas à affirmer que ces nouveaux acides 1-butènecarbonique, 1-pentènecarbonique, et ce nouvel alcool allocinnamique sont de constitution *cis*. Ce qui confirme, en outre, la règle de cis-addition que l'un de nous avait énoncée pour la demi-réduction des acétyléniques. De plus, nous avons ainsi une méthode de préparation des composés cis-éthyléniques dont nous espérons confirmer la généralité.

([1]) Auwers, *Liebigs Annalen*, 46, 1923, p. 432.

GÉOLOGIE. — *Sur la tectonique de la bordure méridionale du bassin de l'Èbre et des montagnes du littoral méditerranéen entre Tortosa et Castellon (Espagne).* Note (¹) de MM. **P. Fallot** et **R. Bataller**, présentée par M. Pierre Termier.

Les cartes géologiques indiquent entre la basse vallée de l'Èbre, Téruel et Castellon, une surface occupée par du Crétacé inférieur, où aucune ligne structurale n'apparaît. Nous avons tenté, dans une excursion commune, d'y définir la direction et l'allure des plissements et de préciser leurs relations avec ceux qui ont été étudiés par M. Bataller (²) dans la Catalogne méridionale et par M. Joly dans la chaîne celtibérique.

Les résultats de ces recherches, en ce qui concerne le nord-est et l'est du domaine étudié, peuvent être résumés comme suit.

I. *Rive droite du cours inférieur de l'Èbre.* — Les couches urgoniennes et jurassiques de la région de Tortosa forment, sur la rive gauche du fleuve, un large anticlinal axé SW-NE, parallèlement au littoral, et dont le flanc nord-ouest est rompu, à hauteur de Cardó, par des failles obliques parallèles, en un dispositif asymétrique poussé vers le Nord-Ouest (³). Cette allure persiste en partie sur l'autre rive. Les sierras de Montsia, de Caro et de Valdancha forment en bordure de la mer et sur une largeur de 30 à 40^{km}, un vaste massif crétacé, dans la partie sud-ouest duquel Landerer avait pris le type de son étage « tenencico » ou « urgo-aptien ». Ce Crétacé, pendant au Sud-Est, forme le flanc sud-est de l'anticlinal du massif de Beceite, et s'élève jusqu'aux crêtes de l'Encanadé et du M. Caro (⁴). Il y repose sur le Jurassique qui constitue la majeure partie des montagnes des Puertos de Beceite. Le Lias à Brachiopodes et Bélemnites et le Trias du noyau de ce pli sont visibles au bas du versant dominant la vallée de l'Èbre, dans le barranco de la Cervera, par exemple.

(¹) Séance du 7 décembre 1925.

(²) J.-R. Bataller, *El Jurasico de la Provincia de Tarragona* (*Trabajos del Museo Nacional de Ciencias naturales, Ser. Geol.*, nº 29, 1922, p. 1-118).

(³) Faura y Sans, Fallot et Bataller, *Observations au sujet de la stratigraphie des terrains jurassiques de la Sierra de Cardo* (*Bulleti Institucio catalana de Historia natural*, 1, Barcelona, 1921, p. 118 à 130).

(⁴) Voir Carte d'état-major espagnole au 1/200000; feuilles 37, 38, 47, 49.

La large voûte de l'anticlinal de Beceite est affectée d'accidents de détail, axés comme elle du Sud-Ouest au Nord-Est — notamment, entre le col de Beceite et la Mola de Tortosa, d'un pli brusque, passant peut-être au pli-faille.

L'Urgonien se retrouve dans la partie nord-ouest du massif de Beceite où il est conservé dans un synclinal (les barrancos de Guera et de Marrades y sont taillés) auquel succède un anticlinal plus accentué et plus étroit, Celui-ci est légèrement refoulé sur le Tertiaire du synclinal du village de Beceite, qui lui fait suite au Nord-Ouest. Le contact anormal a lieu, selon les points, soit par un pli rompu (Herradura), soit par un véritable chevauchement localisé, où la surface de chevauchement est inclinée de 25 à 30° au Sud-Est (vallée du rio Matarraña, en amont de Beceite).

Le Tertiaire plissé dans le synclinal est formé de conglomérats puissants. coupés de niveaux terreux roux. Nous désignerons ici ce Tertiaire antérieur aux plissements sous le nom de *Tertiaire ancien*.

Celui de Beceite est séparé du Bassin tertiaire de l'Èbre par un dernier anticlinal que le rio Matarraña traverse en cluse. Le Bajocien fossilifère et le Lias, reposant sur des dolomies, y dessinent un pli très asymétrique déjeté vers le Nord-Ouest, dont le contact tectonique avec le Tertiaire ancien est masqué par les dépôts horizontaux de la plaine de Valderrobres (bord Sud du bassin de l'Èbre) postérieurs aux plissements, constituant l'ensemble que nons nommerons *Tertiaire récent*.

II. *Région littorale entre l'Èbre et le rio Mijares*. — Au sud-ouest de la coupe transversale que nous venons de décrire, un ennoyage des axes vers le Sud-Ouest fait disparaître le Jurassique sous le Crétacé inférieur qui constitue toutes les montagnes de Morella à Castellon de la Plana. Les accidents, conservant la même orientation NE-SW, se poursuivent le long du littoral jusqu'au rio Mijares sous forme de plis peu accentués. Leur extension en largeur ne dépasse pas la ligne Albocàcer, Ares, Vistabella, Tosal de Horcas, Cabezo de la Cruz, hauteurs sud-ouest de Linares de Mora, au nord-ouest de laquelle se dessine un système de plis dirigés du Sud-Est au Nord-Ouest.

III. *Massif d'Alcorisa*. — Au nord-ouest de Beceite, un petit massif émerge de la plaine de l'Èbre et s'allonge de l'Ouest à l'Est, sur environ 35^{km} de long, au sud de la ligne Alcorisa-Calanda.

Plus complexe que ne l'indiquent les cartes géologiques, il nous a paru formé d'un faisceau de plis asymétriques affectant le Trias supérieur, le Lias, le Jurassique supérieur, l'Urgonien et le Tertiaire ancien, et parais-

sant poussés du Sud au Nord. Le Tertiaire récent, horizontal, recouvre partiellement le Tertiaire ancien plissé et, transgressif sur les plis érodés, pénètre dans le massif entre Alcorisa et Torre Valdemon.

Ce dispositif observé sur une coupe selon le méridien d'Alcorisa paraît se poursuivre vers l'Est, dans tout le chaînon.

Vers l'Ouest, entre Alcorisa et Gargallo, les accidents subissent une torsion et prennent l'orientation NW-SE qui est celle des plis de la bordure est de la Meseta. Les terrains qu'ils affectent ici sont le Tertiaire ancien et le Crétacé inférieur continental rutilant qui comporte des lits charbonneux de plus en plus riches en combustible, au fur et à mesure que l'on s'approche du bassin classique d'Utrillas, distant de 35^{km} à l'Ouest.

GÉOLOGIE. — *Sur le prolongement à l'Ouest de la zone de dislocation de Boussac (Creuse).* Note de MM. G. **Mouret** et E. **Raguin**, présentée par M. Pierre Termier.

L'un de nous a signalé, en 1924, l'existence dans le nord du département de la Creuse d'une zone de roches écrasées ou laminées, zone dirigée OSO à ENE. Cette zone, que recoupe en plusieurs points la vallée sinueuse de la Petite-Creuse, a été reconnue sur 20^{km} de longueur, de Boussac au Pont-du-Gat, sur la route de Guéret à La Châtre ([1]).

Dans une exploration commune faite récemment (mai-juin 1925), nous venons de constater que, conformément aux prévisions, la zone en question se prolonge au delà du Pont-du-Gat, vers l'Ouest, toujours dans la même direction, légèrement oblique à celle de la chaîne de granulite qui limite, au Nord, le massif granitique de Guéret et y envoie de longues apophyses.

La région très couverte des environs de Bonnat ne révèle le passage de la zone que par de rares indices de dislocation et par le laminage de la granulite, mais la zone apparaît avec évidence à 10^{km} du Pont-du-Gat, à Combrand, près du bourg d'Hem. En ce point affleurent des amphibolites écrasées. La bande disloquée se trouve donc là à cheval sur la granulite et sur l'amas basique qui s'allonge au pied de cette chaîne.

A partir de Combrand, la situation de la zone ne change pas et elle se

([1]) G. Mouret, *Sur la Géologie du plateau d'Aigurande* (*Comptes rendus*, 179, 1924, p. 1415).

poursuit toujours dans la même direction. On retrouve, en effet, de place en place, le long des granulites toujours laminées ou gneissiques sur une grande épaisseur ([1]), des amas de mylonites bien caractérisées (sud de Saint-Sulpice-le-Dunois, sud de Dun-le-Palleteau, Les Valettes, Le Ris, Colondanne et Saint-Léger-Bridereix). Quelques-uns de ces affleurements avaient été déjà observés par Mallard et attribués par lui au *terrain de transition* ([2]).

Au delà de Saint-Léger-Bridereix, la chaîne de granulite dessine un crochet aigu qui la reporte de 2^{km} vers le Sud, et sa largeur, qui est de 2^{km} à l'Est, se réduit de moitié. La zone de dislocation participe à ce déplacement déjà reconnu par Mallard ([3]), mais qui n'est pas figuré sur la feuille géologique d'Aigurande. Elle reste soudée à la chaîne dont le pied est occupé par une traînée continue de mylonites typiques, et s'étend, de même que ces mylonites, jusqu'au décrochement de Vareilles signalé par l'un de nous en 1923 ([4]). Elle bute contre ce décrochement dirigé du Sud-Ouest au Nord-Est, et dont le déplacement atteint presque 4^{km}.

Des explorations plus récentes (août 1925) ont permis à l'un de nous (G. Mouret) de constater que la zone de dislocation de Boussac se prolonge également à l'est de Boussac, jusqu'à la vallée du Cher. On observe notamment des roches écrasées et disloquées à Leyrat, à la Croix (au nord d'Archignat), et au sud des Barchaux sur la route d'Huriel à La Chapelande. Masquées par les dépôts oligocènes et les alluvions anciennes des environs de Montluçon, la zone reparaît sur la rive gauche du Cher, dans la tranchée granitique du chemin de fer de Montluçon à Paris, au sud de la station des Trilliers. Elles viennent, toujours dans la direction ENE, se heurter au massif de granite d'Hérisson orienté suivant le méridien.

En résumé, dans sa partie reconnue, la zone de dislocation de Boussac s'étend du décrochement de Vareilles à l'Ouest jusqu'à la vallée du Cher à l'Est, sur une longueur de 70^{km}. Les dislocations sont surtout apparentes dans la moitié occidentale et c'est là que les mylonites acquièrent leur plus grand développement. Le prolongement des terrains disloqués est dirigé

([1]) L. de Launay (*Notice de la Feuille d'Aigurande*, 1893) a jadis appelé l'attention sur les quartz étirés et le faciès gneissique de certaines parties de la chaîne de granulite.

([2]) E. Mallard, *Journal de voyage* (*Mémoires de la Société des Sciences naturelles et archéologiques de la Creuse*, 22, 1922, p. 43).

([3]) E. Mallard; *Carte géologique* (*inédite*) *au* $\frac{1}{80\,000}$ *du département de la Creuse* (*Archives de la Préfecture de la Creuse*).

([4]) G. Mouret, *Bull. des Serv. de la Carte Géol.*, 28, 1924, p. 146.

vers le Sud, mais rien encore ne permet de se faire une idée de la nature et de l'amplitude des mouvements qui ont provoqué la dislocation et qui datent probablement d'une époque antérieure au Stéphanien.

Par son étendue, la zone de Boussac est l'une des plus importantes de celles qui découpent la partie du massif Central située à l'ouest du grand sillon houiller. Elle laisse au Sud les granites à biotite des environs d'Huriel, lesquels font entièrement défaut dans le plateau d'Aigurande, occupé surtout par des schistes cristallins au sein desquels se sont développés quelques vastes amas de granite à mica blanc. Elle forme la limite nord du grand massif granitique de Guéret avec sa ceinture septentrionale de granulite.

HYDRAULIQUE. — *Sur un captage d'eau minérale par la méthode dite des pressions hydrostatiques réciproques* (1). Note (2) de M. **Rey**, présentée par M. Louis de Launay.

Cette méthode de captage, exposée par François de Neufchateau en 1839, puis par M. de Launay dans son ouvrage en 1899 (3), a déjà reçu la consécration de la pratique, à Ussat, Lamalou, La Motte, Pfaefers, Enghien, Bagnères-de-Luchon. Le procédé exposé ci-dessous réalise un perfectionnement en ce qu'il conduit à l'abri de l'air l'eau captée jusqu'à son utilisation, assure la stabilisation de ce produit particulièrement instable qu'est l'eau minérale naturelle sulfureuse et permet d'obtenir l'eau vivante avec ses colloïdes intacts. L'intérêt est général, car le procédé est applicable à toutes les sources sulfureuses.

A Challes-les-Eaux (Savoie), l'eau sulfureuse vient sourdre dans un puits en ciment intimement soudé et élevé sur la roche. Ce puits carré, de 2^m de hauteur, a $1^m,50$ de côté. Sur le fond, avec l'eau sulfureuse émerge ou jaillit de l'eau ordinaire non minérale.

Au cours des 50 dernières années écoulées, à l'aide d'entonnoirs de verre renversés, on a coiffé ces émergences non sulfureuses pour les conduire par des tubes de cristal à l'extérieur du puits, de façon à ne conserver au fond

(1) Séance du 4 janvier 1926.

(2) Cette expression étant consacrée dans l'usage courant depuis un siècle, nous ne croyons pas, malgré sa bizarrerie, devoir la modifier.

(3) *Recherche, captage et aménagement des sources thermominérales* (Paris, Béranger; in-8°).

de celui-ci que les suintements sulfureux et cette partie des émergences non sulfureuses qui, venant en nappe par suintement, ne peuvent être extériorisées.

Dans ces conditions le débit de l'eau non sulfureuse est plus considérable que celui de l'eau minérale et, par un phénomène connu en hydraulique thermale, si la masse est laissée au repos, ces deux liquides, différents par leur densité (1,007 pour l'eau sulfureuse, 1,0007 pour l'eau non sulfureuse) se superposent en deux masses dont les hauteurs sont déterminées par leurs densités et leurs pressions propres (ou, suivant l'expression de François, réciproques), mais qui ne se mélangent pas.

En outre, ce puits, construit dans un marais au sein d'une nappe d'eaux d'infiltrations et de ruissellements dont le niveau supérieur est à $5^{m},50$ du fond du puits, se trouve pour son contenu subir la poussée de pression des eaux d'infiltrations environnantes. En résumé, il y a là équilibre de deux vases communicants, l'un formé par le puits où la pression est faite de deux colonnes superposées d'eau sulfureuse et d'eau non sulfureuse, l'autre de la colonne des eaux du marais.

Par le calcul d'abord en partant de la détermination des densités des liquides et de leurs pressions propres, puis par des tâtonnements expérimentaux, on a établi les hauteurs respectives nécessaires des colonnes liquides et voici la réalisation pratique.

La masse d'eau périphérique du marais présentait la hauteur la plus grande et devait être conservée comme force, soit pour amener l'eau sulfureuse, soit pour combattre la poussée d'eau non sulfureuse, artésienne, qui s'opposait à l'arrivée de l'eau sulfureuse. Elle a été réglée par des revêtements importants de béton, de ciment et de ciment armé et par l'épuisement intermittent ou continu.

La masse d'eau à l'intérieur du puits, faite de l'eau sulfureuse et de l'eau artésienne non sulfureuse (différente de celle du marais par l'analyse), a été réglée par la méthode des surcharges liquides comme il suit. Par des tâtonnements patients, sans cesse contrôlés par le calcul et les données de la sonde de profondeur, on a établi, sur la masse de l'eau sulfureuse, une surcharge liquide faite de l'eau non sulfureuse qui naît avec elle, et le niveau de séparation des deux masses a été réglé par la hauteur elle-même de l'eau non sulfureuse qui couvre l'eau sulfureuse. Pour cela, partie de cette eau non sulfureuse a été extériorisée, partie a été laissée libre en suintement au fond du puits et enfin une troisième partie, et c'est ici le point tout particulier, après avoir été extériorisée, a été ramenée à la surface même de la

couche la plus élevée du puits, et son débit empiriquement réglé a permis de stabiliser à une hauteur constante le niveau de séparation des deux masses d'eau dans le puits, de manière à déterminer le maximum de débit de l'eau sulfureuse. Accessoirement, l'épuisement de l'eau du marais à l'extérieur du puits de captage est lui-même réglé de façon à maintenir ce niveau à la hauteur la plus favorable. En résumé, c'est l'eau non sulfureuse qui, naissant avec l'eau sulfureuse, est utilisée pour obtenir un captage parfait. Le réglage de l'épuisement des eaux périphériques n'est qu'un moyen accessoire mis en œuvre selon le régime des pluies. Ainsi une infiltration d'eau étrangère non minérale a été utilisée pour assurer la permanence d'une source minérale, alors que ces circonstances sont généralement la ruine des débits minéraux. En cette application la méthode est d'intérêt général.

Enfin, à l'aide d'une pompe à membrane, la succion permanente de la couche minérale est assurée et l'amenée à l'embouteillage ou aux utilisations thermales de l'établissement se fait à l'abri de l'air.

PHYSIQUE DU GLOBE. — *Sur les variations de l'ozone de la haute atmosphère.* Note de MM. **H. Buisson** et **C. Jausseran**, présentée par M. A. Cotton.

Dans un travail paru en 1921 (1), Fabry et Buisson ont montré que la limitation du spectre solaire du côté des petites longueurs d'onde devait être attribuée à l'absorption qu'exerce l'ozone dans cette région, et qu'il était possible d'évaluer la quantité totale de ce gaz, dont la présence s'explique par l'action du rayonnement ultraviolet extrême du soleil sur l'oxgène.

Cette quantité s'exprime par l'épaisseur, en centimètres, d'ozone pur, à la pression atmosphérique normale; elle est en moyenne de $0^{cm},3$. Il résultait de plus, de mesures faites sur plusieurs jours, que cette épaisseur subissait des variations notables et le souhait était exprimé que ces variations puissent être observées d'une manière continue.

Grâce à une subvention de la Smithsonian Institution, nous avons pu entreprendre de telles observations pendant les mois d'août et septembre 1925. Elles se sont faites à Digne, altitude 600^{m} environ, dans de bonnes conditions de pureté atmosphérique. Le dispositif expérimental est le même que celui qui a été décrit antérieurement (2). Un premier spec-

---

(1) *Journal de Physique*, 6e série, 2, 1921, p. 197.

(2) Fabry et Buisson, *loc. cit.*

troscope, à optique de quartz, fournit une région du spectre entre 3150 et 2900, qui est reprise par un second spectroscope également en quartz, dispersant à angle droit du premier, de manière à éliminer la lumière étrangère à la région considérée qui y est amenée par diffusion. Une observation est faite chaque jour, à midi, et consiste en plusieurs poses sur des clichés différents, afin de se mettre à l'abri des irrégularités des plaques photographiques. On mesure ensuite au microphotomètre le noircissement pour diverses longueurs d'onde et l'on en déduit l'intensité lumineuse agissante, grâce à une graduation convenable de la plaque. De la comparaison, d'un jour à l'autre, des intensités relatives des diverses longueurs d'onde, qui seraient constantes si l'absorption ne variait pas, on déduit les variations de cette absorption et, par suite, celles de l'épaisseur d'ozone absorbant.

Le tableau suivant résume, pour tous les jours où les observations furent possibles, les résultats obtenus. Il indique, à partir d'un jour pris comme terme de comparaison (26 juillet), en centièmes de millimètre, les variations de la quantité d'ozone. On voit qu'en comparant les valeurs extrêmes, on constate des différences de $0^{mm},45$, soit d'environ 15 pour 100 de la quantité moyenne.

Juillet 24....	−14	Août 10....	−27	Septembre 1....	−34
» 25....	+ 9	» 13....	−14	» 2....	−30
» 26....	0	» 14....	−22	» 3....	−26
» 27....	0	» 15....	−25	» 4....	−16
» 28....	− 6	» 16....	−23	» 5....	−35
» 29....	−22	» 17....	−23	» 6....	−16
» 30....	− 5	» 18....	−30	» 7....	−24
» 31....	− 8	» 19....	−17	» 8....	−27
Août 1....	− 3	» 20....	−15	» 9....	−21
» 2....	− 3	» 21....	−16	» 14....	− 6
» 3....	−21	» 23....	−21	» 15....	− 8
» 4....	−35	» 27....	−39	» 16....	−12
» 5....	−27	» 28....	−33	» 18....	−36
» 6....	−26	» 29....	−30	» 24....	−13
» 7....	−25	» 30....	−34	» 25....	− 7
» 8....	−26	» 31....	−27	» 27....	−31
» 9....	−23			» 28....	− 9
				» 29....	−19

On a, en outre, fait quelques déterminations, en quelque sorte absolues, de l'épaisseur d'ozone, en suivant l'absorption en fonction de la hauteur du Soleil. Elles confirment la valeur moyenne $0^{cm},300$ obtenue en 1920, et

présentent entre elles, d'un jour à l'autre, les mêmes écarts que ceux que donne l'observation différentielle.

Il ne nous a pas semblé possible de relier les changements de l'épaisseur d'ozone aux conditions atmosphériques; en particulier, la pression barométrique locale, dont les variations ont d'ailleurs été faibles pendant cette période, nous a paru sans influence.

MAGNÉTISME TERRESTRE. — *Mesures magnétiques dans le bassin de la Loire.* Note de M. E. **Tabesse**, présentée par M. Daniel Berthelot.

Ces mesures font suite à celles que nous avions entreprises en 1923 et 1924. Elles ont été effectuées au cours du printemps et de l'été 1925 dans les départements de l'Indre, Indre-et-Loire et Maine-et-Loire. Les stations qui nous avaient été désignées par M. Mathias, secrétaire de la sixième Section du Comité français de l'Union géodésique et géophysique internationale, sont au nombre de 41 ; dix-neuf d'entre elles font partie du réseau de Moureaux. Toutes les mesures ont été faites en double, sauf de rares exceptions.

Le Tableau suivant, dans lequel les noms des stations nouvelles sont en italique, donne les valeurs ramenées au 1er janvier 1922 :

Tableau des résultats.

Stations.	D.		I.		H.	Situation magnétique.
Département de l'Indre.						
	°	′	°	′		
Aigurande-sur-Houzanne	12	2,8	62	38,0	0,20753	calme
Ardentes	12	2,2	62	54,9	0,20623	presque calme
Argenton-sur-Creuse	12	10,2	62	52,6	0,20701	un peu agitée
Le Blanc	12	21,3	62	52,1	0,20647	un peu agitée
Buzançais	12	17,3	63	3,8	0,20533	calme
Châteauroux	12	10,7	62	55,3	0,20582	presque calme
La Châtre I	11	0,4	62	30,2	0,20953	calme
La Châtre II	11	27,2	62	32,2	0,20929	calme
Eguzon	12	11,1	62	41,5	0,20750	un peu agitée
Issoudun	12	5,9	63	4,0	0,20507	presque calme
Levroux	12	15,2	63	6,8	0,20516	presque calme
Mers-sur-Indre	12	2,6	62	54,1	0,20668	presque calme
Neuvy-Saint-Sépulchre	12	10,3	62	41,2	0,20725	calme
Sainte-Sévère-sur-Indre	11	52,8	62	40,2	0,20762	calme

TABLEAU DES RÉSULTATS (*suite*).

Stations.	D.		I.		H.	Situation magnétique.
Département d'Indre-et-Loire.						
Amboise	12°	35',9	63°	30',2	0,20248	calme
Châteaurenault	12	38,7	63	44,0	0,20194	agitée
Chinon	12	48,9	63	21,4	0,20397	calme
Cormery	12	34,0	63	22,3	0,20349	calme
La Haye-Descartes	12	39,5	63	14,8	0,20465	un peu agitée
Langeais	12	55,7	63	32,9	0,20282	calme
Loches	12	30,0	63	18,7	0,20413	calme
Luynes	12	47,5	63	34,8	0,20340	calme
Montlouis-sur-Loire	12	43,6	63	36,8	0,20275	un peu agitée
Montrésor	12	26,0	63	23,3	0,20405	calme
Neuillé-Pont-Pierre	12	50,8	63	42,3	0,20203	presque calme
Preuilly-sur-Claise	12	31,8	63	6,8	0,20522	agitée
Richelieu	12	50,0	63	13,3	0,20477	calme
Sainte-Maure-de-Touraine	12	43,9	63	23,1	0,20381	presque calme
Tours	12	39,9	63	32,9	0,20296	un peu agitée
Département de Maine-et-Loire.						
Angers	13	24,4	63	45,0	0,20195	presque calme
Baugé	13	9,9	63	47,6	0,20170	un peu agitée
Chalonnes	13	22,4	63	39,6	0,20253	calme
Châteauneuf-sur-Sarthe	13	22,2	63	49,7	0,20123	calme
Chemillé	13	23,2	63	36,2	0,20292	calme
Cholet I	13	1,6	63	31,8	0,20356	calme
Cholet II	13	16,6	63	27,4	0,20405	calme
Le Louroux-Béconnais	13	24,9	63	47,3	0,20162	calme
Montreuil-Bellay	13	6,8	63	25,0	0,20379	presque calme
Montrevault	13	32,8	63	37,1	0,20273	calme
Pouancé	13	34,8	64	0,9	0,19989	presque calme
Saumur I	12	29,0	63	17,4	0,20371	un peu agitée
Saumur II	12	12,2	»	»	0,20522	calme
Segré	13	20,6	63	52,5	0,20108	presque calme
Thouarcé	13	16,1	63	30,9	0,20286	presque calme

La comparaison des résultats précédents avec ceux obtenus par Moureaux permet de calculer les variations séculaires.

Les résultats obtenus sont :

Pour 0..........	$-2^{\circ}55',1$	(extrêmes $-3^{\circ}1$ et $-2^{\circ}51'$)
Pour 1..........	$-0^{\circ}44',1$	(extrêmes $-0^{\circ}49'$ et $-0^{\circ},39'$)
Pour 4..........	$+0,00231$	(extrêmes $+0\,0028$ et $+0,0017$)

en éliminant du calcul des moyennes les valeurs à Cholet et Saumur par suite de la forte anomalie magnétique constatée dans ces deux stations.

La disposition géographique des départements visités se prête mal à une étude d'ensemble de la répartition et des variations du magnétisme terrestre de la région explorée. Signalons seulement qu'il existe de fortes anomalies à Cholet, Saumur et La Châtre. Moureaux ne mentionne pas les deux premières bien que les valeurs des éléments magnétiques résultant des mesures qu'il y avait effectuées soient notablement différentes de celles qui comporterait la répartition générale de ces éléments. Ces anomalies ne paraissent pas s'étendre à une région très étendue si on les compare aux mesures faites dans les stations voisines. D'autre part, les résultats obtenus montrent qu'il serait, en général, illusoire de vouloir déduire les variations séculaires de mesures faites dans des localités présentant une anomalie locale accentuée, lorsque les emplacements ne peuvent pas être déterminés avec une grande précision. C'est ainsi qu'à Saumur la déclinaison diffère de 17 minutes entre deux points distants de 150^{m} et nous avons constaté une variation analogue à La Hague en 1924. Toutefois à La Châtre, où il a été possible de repérer et d'occuper à peu près exactement les deux emplacements de Moureaux, les variations séculaires obtenues paraissent très acceptables, bien que la déclinaison diffère de 27 minutes entre ces deux emplacements distants de 300^{m}.

PHYSIOLOGIE. — *Sur le vertige de rotation.* Note [1] de MM. **Garsaux, Malassez** et **Toussaint**, présentée par M. J.-L. Breton.

Au cours d'expériences entreprises dans le but de rechercher l'influence de la rotation sur les temps de réaction visuelle, auditive et d'équilibration, nous avons été amenés à constater des phénomènes subjectifs intéressants. Nous avons utilisé le manège dont est pourvu l'Institut aérotechnique de Saint-Cyr. Le sujet était assis dans un fauteuil suspendu à l'un des bras à 8^{m} de l'axe de rotation,

---

[1] Séance du 11 janvier 1926.

le plan sagittal du corps étant perpendiculaire au bras du manège. Le fauteuil, grâce à un système de suspension convenable, s'inclinait au cours de la rotation, de telle façon que le grand axe du corps était dirigé suivant la résultante de la force de pesanteur et de la force centrifuge.

Le sujet portait un masque opaque, le mettant à l'abri du vertige visuel. Grâce à un dispositif que nous ne décrirons pas, l'expérimentateur pouvait, au repos comme pendant le mouvement, mesurer les temps de réaction visuelle et auditive.

La vitesse périphérique maxima atteinte au cours de ces essais a été de 11^{m} à la seconde.

Nous n'avons pu mettre en évidence de différences entre les temps de réaction visuelle et auditive enregistrée au repos et pendant la rotation. Mais nous avons observé sur nous-mêmes les phénomènes subjectifs suivants :

Pendant la mise en marche de la machine, alors que la vitesse angulaire croissait, les différents sujets examinés ont perçu la même impression de s'élever dans les airs. Et inversement, pendant l'arrêt progressif de la machine, ils percevaient une impression analogue à celle d'une descente oblique vers le sol.

Tant que la vitesse angulaire de l'appareil restait constante, aucune impression particulière n'était ressentie, aucune appréciation exacte de la vitesse de rotation, aucune perception de l'inclinaison du corps.

Mais, si, pendant la rotation à vitesse constante, les sujets tournaient la tête, ils éprouvaient la sensation vertigineuse très pénible d'être entraînés vers l'extérieur si la rotation de la tête s'effectuait vers l'extérieur du cercle décrit, vers l'intérieur si la rotation de la tête s'effectuait vers l'intérieur du même cercle.

Nous avons vérifié que ces impressions ne prenaient naissance que pendant le mouvement de la tête et qu'elles ne dépendaient nullement de la position de la tête ou du corps prise primitivement par le sujet.

Elles étaient d'autant plus accusées que la vitesse de rotation de l'appareil était plus grande et que le mouvement de rotation de la tête était plus brusque.

En raison de l'importance que peuvent avoir ces impressions dans la genèse de certains accidents au cours du vol en avion, nous pensons qu'elles méritent d'être signalées. Nous avons cherché à expliquer ces phénomènes par ce que nous savons de la physiologie de l'oreille interne. Les impressions de montée ou de descente perçues pendant la mise en marche

et durant l'arrêt progressif de l'appareil nous semblent dues aux variations de pression sur les macules vestibulaires, provoquées par la résultante de la force de pesanteur et de la force centrifuge. Les impressions d'obliquité nous paraissent dues aux mouvements du liquide endolymphatique sur les crêtes ampullaires, provoqués par les variations d'accélération angulaire (¹).

Dans les expériences comportant la rotation de la tête pendant la rotation entretenue du manège, l'oreille interne est soumise aux sollicitations simultanées d'un mouvement d'entraînement circulaire (rotation manège) et d'un mouvement relatif (rotation tête). Dans ces conditions, cet organe subit une accélération centrifuge constante (accélération d'entraînement), une accélération relative très faible (rotation tête), et une accélération complémentaire dite de Coriolis. Il nous semble que les sensations vertigineuses particulières perçues au cours de ces rotations combinées sont imputables aux déplacements du liquide endolymphatique sous l'action de l'accélération complémentaire. Celle-ci est en effet proportionnelle au produit de la vitesse angulaire du manège, relativement grande, par la vitesse relative du déplacement des oreilles; or il en était de même des sensations vertigineuses.

D'autre part, le sens de l'accélération complémentaire change suivant le sens de rotation de la tête, et cela concorde avec le sens des vertiges observés.

BROMATOLOGIE. — *Procédé pour distinguer les conserves de pois secs « régénérés » des conserves de pois verts.* Note de M. C.-F. **Muttelet**, présentée par M. Lindet.

J'ai montré dans une Note précédente (²) que les trois rapports $\frac{\text{amidon}}{\text{sucres}}$, $\frac{\text{amidon}}{\text{cellulose}}$ et $\frac{\text{azote insoluble}}{\text{azote soluble}}$ croissent avec l'état de maturité des pois et qu'ils sont pratiquement indépendants de la variété. Je les ai proposés comme éléments d'appréciation dans l'examen des conserves de pois et notamment pour distinguer les conserves de pois verts des conserves de pois secs « régénérés » avant leur mise en boîtes.

(¹) André Broca, *Journal de Physiologie et de Pathologie générales*, 18, 1920, p. 885.

(²) *Comptes rendus*, 180, 1925, p. 317.

Afin de vérifier le parti qu'on peut tirer de ces observations, j'ai soumis à l'analyse différentes conserves du commerce, en opérant suivant les procédés décrits dans ma première Note (*loc. cit.*). Les résultats obtenus sont réunis dans les Tableaux I et II.

En ce qui concerne les conserves de pois verts, l'analyse a porté sur des échantillons de pois de maturité croissante. L'examen du Tableau II montre que les rapports ci-dessus conservent les mêmes caractères que dans le cas des pois verts crus. Leurs valeurs croissent avec la maturité sans toutefois dépasser sensiblement celles que ces derniers affectent à l'état de pois pleins. D'autre part on peut dire que ces valeurs restent pratiquement indépendantes de la variété, puisque le contenu de chaque boîte provient du criblage d'un mélange de pois de diverses variétés. A noter toutefois un faible accroissement du rapport $\frac{\text{azote insoluble}}{\text{azote soluble}}$ dû à une légère insolubilisation des matières azotées au cours de la fabrication ; ce qui d'ailleurs ne modifie nullement les conclusions à tirer des résultats de l'analyse.

En ce qui concerne les pois secs régénérés, l'examen a porté sur des boîtes de marques différentes achetées dans le commerce. Les résultats fournis par l'analyse montrent que les valeurs des deux rapports $\frac{\text{amidon}}{\text{sucres}}$ et $\frac{\text{amidon}}{\text{cellulose}}$ sont sensiblement les mêmes que celles obtenues avec les pois mûrs et secs à l'état cru (*loc. cit.*). Elles apparaissent également indépendantes de la variété puisque le contenu de chaque boîte est formé de mélanges différents de pois mûrs et secs régénérés. Quant au rapport $\frac{\text{azote insoluble}}{\text{azote soluble}}$ il prend des valeurs bien supérieures à celles obtenues avec les pois mûrs et secs à l'état cru. Cela tient évidemment à ce fait que les pois secs, pour être régénérés, ont subi une cuisson « à l'étuvée » prolongée, au cours de laquelle la majeure partie des matières azotées solubles s'insolubilisent. De telle sorte que l'augmentation très notable des valeurs de ce dernier rapport constitue, pour ce genre de conserves, un nouvel et précieux élément d'appréciation.

Il suffira donc, le plus souvent, d'évaluer les trois rapports dont il s'agit pour distinguer les conserves de pois « régénérés » des conserves de pois verts.

Tableau I. — *Teneurs en grammes pour 100 de substance sèche.*

Échantillons de conserves.	Matières hydrolysables. Insolubles.	Matières hydrolysables. Solubles.	Matières azotées. Insolubles.	Matières azotées. Solubles.
I. *Pois verts :*				
1. Extra-fins	46,9	11,4	16,0	6,2
2. Fins	48,4	11,0	17,0	4,8
3. Mi-fins	50,0	9,1	17,4	4,0
4. Moyens	54,2	8,6	17,7	3,7
II. *Pois secs régénérés :*				
5. A l'étuvée	61,4	5,3	20,1	1,9
6. Au naturel	58,0	5,3	21,6	2,4
7. Au naturel	58,0	6,1	20,6	2,2
8. Au maigre (¹)	59,1	4,6	21,7	2,3

Tableau II. — *Teneurs en cellulose, en grammes pour 100 de substance sèche. Valeurs des rapports.*

Échantillons de conserves.	Cellulose.	Rapports $\frac{\text{Amidon}}{\text{Sucres}}$	Rapports $\frac{\text{Amidon}}{\text{Cellulose}}$	Rapports $\frac{\text{Azote insoluble}}{\text{Azote soluble}}$
I. *Pois verts :*				
1. Extra-fins	14,0	4,1	3,3	2,5
2. Fins	12,5	4,4	3,8	3,5
3. Mi-fins	11,5	5,5	4,3	4,3
4. Moyens	10,5	6,3	5,1	4,8
II. *Pois secs régénérés :*				
5. A l'étuvée	7,8	11,6	7,8	10,6
6. Au naturel	8,0	11,0	7,3	9,0
7. Au naturel	8,1	9,5	7,2	9,4
8. Au maigre (¹)	7,2	12,8	8,2	9,4

EMBRYOGÉNIE. — *Études histologique de la glande génitale droite de la Poule ovariotomisée en un testicule.* Note de M. **Jacques Benoit**, présentée par M. Widal.

L'extirpation totale et précoce de l'ovaire gauche de la Poule détermine la transformation de la glande génitale droite en un testicule, dont l'évolution spermatogénétique peut se poursuivre jusqu'à l'élaboration de sperma-

(¹) Addition de légumes étrangers (carottes, par exemple).

tozoïdes ([1]). J'ai montré antérieurement que la gonade droite de la Poule avait la valeur d'une glande testiculaire rudimentaire ([2]). Je me propose aujourd'hui de confirmer cette notion en étudiant le processus histologique selon lequel cette gonade droite se transforme en un testicule. J'ai ovariotomisé dans cette intention un certain nombre de Poulettes âgées de quelques semaines, et je les ai sacrifiées au bout de temps variables après l'opération.

La gonade droite de la Poule normale présente la structure histologique suivante : on observe, dans un strome conjonctif recouvert par l'épithélium péritonéal, des cavités lacunaires et des amas de cellules interstitielles. Ces lacunes sont tapissées par un épithélium aplati. Elles représentent lés vestiges des cordons médullaires, issus chez l'embryon de l'unique ([3]) prolifération de l'épithélium germinatif (Firket), et qui sont les homologues des cordons testiculaires du mâle. Les cellules interstitielles ont une structure alvéolaire, et sont très riches en lipoïdes osmiophiles. Firket a montré qu'elles proviennent de la transformation de l'épithélium d'une partie des cordons médullaires.

Chez des Poulettes ovariotomisées à l'âge de quelques semaines et tuées 3, 4, 5, 6 et 10 jours après l'opération, on constate par l'examen des coupes que la gonade droite augmente progressivement de volume. Les cellules interstitielles perdent leurs enclaves lipoïdiques, et s'enrichissent considérablement en cytoplasme et en chondriome. Dans cet état, elles se multiplient activement par mitose. Quant à l'épithélium qui tapisse les lacunes, il ne présente pas jusqu'au dixième jour de modifications appréciables. Chez une Poulette tuée 2 jours après l'opération, cet épithélium lacunaire se montre plus élevé que normalement, et l'on y observe quelques mitoses. Un autre sujet, sacrifié au bout de 1 mois et 11 jours, présente à l'autopsie une gonade de droite déjà bien développée ($1^{mm} \times 6^{mm},5$). Elle contient, outre des amas nombreux de cellules interstitielles, des lacunes dont l'épithélium est à certains endroits cylindrique, et enfin des cordons ou des tubes formés de hautes cellules, dont l'aspect est identique à celui des tubes d'un testicule embryonnaire de Poulet, avec cette différence qu'ils sont

---

([1]) J. Benoit, *Comptes rendus*, **177**, 1923, p. 1074 et 1243; **178**, 1924, p. 1640; *C. R. Soc. Biol.*, **89**, 1923, p. 1326.

([2]) J. Benoit, *Comptes rendus*, **178**, 1924, p. 341.

([3]) La deuxième poussée, pflügérienne, ne se produit qu'exceptionnellement chez la Poule. Dans ces cas très rares, la gonade droite est un véritable ovaire, pourvu d'ovocytes.

totalement dépourvus de grandes cellules germinatives. Fait essentiel : ces cordons ou tubes sont en continuité directe avec les lacunes. Leur épithélium est identique à l'épithélium palissadique de ces dernières, et l'examen des coupes sériées permet de reconnaître qu'ils naissent de la prolifération de l'épithélium lacunaire. L'épithélium péritonéal qui recouvre l'organe n'est nulle part en continuité avec l'épithélium des lacunes ou des tubes. Il est formé de petites cellules plates, ne présentant aucun signe d'une multiplication quelconque.

Chez des Poulettes tuées 2 mois 6 jours et 3 mois après l'ovariotomie, la gonade droite est devenue un organe volumineux : elle mesure $5^{mm} \times 11^{mm},5$ chez le premier sujet et $4^{mm} \times 11^{mm}$ chez le deuxième. L'épithélium péritonéal superficiel est au repos complet et il ne communique nulle part avec les tubes sexuels, très nombreux, qui remplissent la totalité de l'organe. On retrouve encore des cavités lacunaires très allongées, dont l'épithélium est en continuité directe avec un grand nombre de tubes. L'épithélium de ces derniers, comme celui des lacunes, présente des mitoses.

Dans l'organe appartenant au sujet tué au bout de 3 mois, certains tubes plus volumineux présentent des spermatocytes I. Le tissu conjonctif intertubulaire contient de nombreuses cellules interstitielles.

Pour compléter la série des animaux étudiés, je rappellerai les observations publiées antérieurement de 2 Poules ovariotomisées depuis 5 mois et 9 mois 8 jours. La gonade droite de ces sujets s'était transformée en un testicule dont les tubes séminifères, bien développés, élaboraient des spermatozoïdes.

En résumé, les tubes séminifères qui se développent dans la gonade droite de la Poule ovariotomisée proviennent, par prolifération mitotique, de l'épithélium qui tapisse les lacunes formées chez l'embryon aux dépens des cordons de la première poussée, dits cordons médullaires. L'épithélium péritonéal qui recouvre la gonade droite ne participe aucunement à ce processus. Quant aux cellules interstitielles, elles proviennent par division mitotique des cellules interstitielles préexistantes [1]. La gonade droite de la Poule a donc bien (sauf évidemment dans les cas exceptionnels où la deuxième prolifération germinative, productrice d'ovocytes, a eu lieu), la valeur d'un testicule rudimentaire. Les restes de la première poussée embryonnaire

(1) Il s'en forme en outre, dans certaines régions de l'organe, aux dépens des cellules sertoliennes des tubes, selon un processus analogue à celui que Nonidez (1922) a décrit, et que j'ai moi-même étudié (1923) dans le testicule embryonnaire du Poulet.

ne se développent pas dans les conditions habituelles, par suite de l'action empêchante de l'ovaire; et lorsque l'ablation de l'ovaire leur permet de se développer, ils évoluent toujours dans le sens mâle.

PARASITOLOGIE. — *Sur la spécificité relative des Insectes parasites polyphages.* Note de M. **Jean-C. Faure**, présentée par M. P. Marchal.

L'analyse du complexe biologique, formé par un ensemble d'espèces animales et végétales, offre, tant au point de vue de la biologie générale que des applications économiques, une grande importance. Elle ne peut être réalisée que par l'étude détaillée de cas précis; j'ai pris comme exemple celui de la Piéride du Chou (*Pieris brassicæ* L.), en envisageant plus particulièrement les rapports de ce Lépidoptère avec ses parasites aux divers degrés.

Depuis 1922 j'ai isolé, dans la région de Lyon, 8 Hyménoptères et 5 Diptères, parasites directs; divers auteurs ont signalé, en outre, 20 Hyménoptères et 9 Diptères que je n'ai pas rencontrés. Les parasites secondaires ne sont pas moins nombreux. J'ai élevé 16 espèces d'Hyménoptères parasites de l'*Apanteles glomeratus* L.; on en a mentionné 12 autres que je n'ai pas retrouvés. Par contre, seulement 2 espèces sur 10, connues comme parasites de l'*Anilastus ebeninus* Grav., ont éclos dans mes élevages. *Compsilura concinnata* Meig. m'a donné 3 Chalcidiens hyperparasites. J'ai signalé 2 *Spilocryptus*, hyperparasites nouveaux des chrysalides.

Au point de vue de leurs rapports avec un hôte donné, on peut diviser les parasites en deux grands groupes : les parasites normaux et les parasites occasionnels. Vis-à-vis de la Piéride du Chou, parmi les premiers se placent : *Apanteles glomeratus*, *Anilastus ebeninus*, *Pteromalus puparum* L., *Pimpla instigator* F. et *Compsilura concinnata*. Ces espèces furent rencontrées par la majorité des auteurs qui se sont occupés de cette question, et chaque année par moi-même. Au contraire, *Trichogramma evanescens* Westw., *Apanteles rubripes* Halid., *Anilastus vulgaris* Brischke, *Chalcis femorata* Panz., *Tricholyga segregata* Rond., *Ceromasia florum* Macq., *Tachina larvarum* L. et *Phryxe vulgaris* Fall. rentrent dans la catégorie des parasites occasionnels; ces espèces ne sont apparues que d'une façon sporadique dans les élevages; six d'entre elles sont des parasites nouveaux, les autres n'avaient été signalées jusqu'ici qu'un très petit nombre de fois comme hôtes de ce Lépidoptère.

Des faits analogues s'observent chez les parasites de l'*Apanteles glomeratus* (¹) et en général de tous les Insectes.

Ce sont les parasites normaux qui jouent le principal rôle dans la limitation de la multiplication de l'hôte; exceptionnellement les autres peuvent y prendre une part importante. On remarque, du reste, que les parasites occasionnels se rencontrent en nombre d'autant plus grand que le taux de pullulation de l'Insecte-hôte envisagé est plus élevé; leur rôle freinateur perd alors toute importance, car les parasites normaux se sont développés parallèlement à l'hôte en nombre suffisant pour juguler à eux seuls sa multiplication excessive. La liste des parasites occasionnels ne peut pas être considérée comme définitive.

Les parasites normaux de la Piéride du Chou sont tous plus ou moins polyphages : on connaît six hôtes à l'*Anilastus ebeninus*, 10 au *Pteromalus puparum*, 16 à l'*Apanteles glomeratus*, 21 au *Pimpla instigator*, 51 à *Compsilura concinnata*. L'affinité de ces espèces pour la Piéride varie : l'*Apanteles* et le *Pteromalus* se rencontrent sur tous les foyers un peu importants; l'*Anilastus*, le *Pimpla* et le *Compsilura* y accusent presque toujours un taux de parasitisme relativement plus faible. « La spécificité parasitaire n'est pas une propriété absolue, expression d'une harmonie préétablie entre hôte et parasite; elle est relative et contingente... et se présente à des degrés extrêmement variés » (Caullery, 1921). Il faut tenir le plus grand compte de ces données dans l'étude des Insectes parasites. Je propose de superposer aux notions de parasites polyphages, oligophages et spécifiques celles d'espèces *erratiques*, ne marquant aucune prédilection accentuée pour tel ou tel hôte, et celle d'espèces *électives*, exploitant normalement plutôt une espèce que les autres dont on l'obtient quelquefois.

L'affinité plus grande que témoigne un parasite pour un de ses hôtes n'est pas un phénomène biologique isolé; il est corrélatif d'un ensemble d'autres faits, dont la réunion dans l'association parasite-hôte permettra seule de décerner au premier le qualificatif de parasite électif du second. L'étude du complexe Piéride du Chou—Hyménoptère parasite m'a amené à ne considérer comme parasites électifs de ce Lépidoptère que *Apanteles glomeratus* et *Pteromalus puparum*. Ces insectes témoignent une affinité plus grande pour cette Piéride que pour n'importe lequel de leurs autres hôtes; ils se rencontrent toujours et partout avec elle, comme l'ont montré de très nombreuses observations : il y a concordance parfaite entre leurs cycles

---

(¹) J.-C. Faure, *C. R. Soc. Biol.*, Lyon, **93**, 1925, p. 524.

biologiques et annuels et ceux de leur hôte normal, ce qui permet leur multiplication uniquement à ses dépens; on constate dans la généralité des cas que ces parasites pullulent parallèlement à cette Piéride et arrivent, à eux seuls, à arrêter ses invasions anormales; une dernière donnée renforce parfois les précédentes, c'est l'attraction de la plante habitat-normal de l'hôte sur les parasites adultes ([1]).

Les espèces à caractère erratique illimité existent-elles? Tel pourrait bien être le cas de *Dibrachys boucheanus* Ratz., dont la biologie est déterminée avant tout par l'ectoparasitisme de sa larve et sa vie sous un couvert quelconque (Picard, 1922); la polyphagie de *Trichogramma evanescens*, parasite oophage, paraît ne trouver une limite que dans la dureté des téguments de certains œufs ou dans leur trop petite taille (Ferrière et Faure, 1924). Il est vrai que l'on constate assez souvent une affinité plus marquée pour un groupe d'espèces.

Quoi qu'il en soit, la notion d'espèces électives offre une précision suffisante dans l'étude des complexes biologiques; elle permet d'en dégager les facteurs essentiels, les seuls vraiment intéressants à utiliser dans la lutte biologique.

MÉDECINE EXPÉRIMENTALE. — *De la valeur antigène de l'anatoxine tétanique chez l'homme.* Note ([2]) de MM. **G. Ramon** et **Ch. Zoeller**, présentée par M. Roux.

Nous avons entrepris des recherches dans le but de savoir si les injections d'anatoxine tétanique étaient inoffensives et déterminaient, chez l'homme comme chez les animaux, une immunité active contre le tétanos.

L'anatoxine tétanique que nous avons utilisée était au préalable injectée à des cobayes aux doses de 5 à 10^{cm^3}, soit sous la peau, soit dans les muscles. Dans aucun cas ces animaux n'ont présenté de symptômes de tétanos, même localisé. Le pouvoir antigène de l'anatoxine était vérifié par la réaction de floculation.

Les injections d'anatoxine chez l'homme étaient faites dans le tissu cellulaire sous-cutané. Après des délais variables, nous avons recherché et titré l'antitoxine tétanique dans le sérum sanguin des sujets injectés. Ces titrages

([1]) Comme on le constate chez *Apanteles glomeratus* pour les variétés cultivées de *Brassica oleracea*.

([2]) Séance du 11 janvier 1926.

ont été effectués en cherchant combien un centimètre cube de sérum humain neutralisait de doses mortelles de toxine tétanique pour le cobaye.

Ces premiers essais, qui ont porté sur 100 sujets, nous ont fourni les constatations suivantes :

L'injection d'anatoxine tétanique faite chez l'homme à la dose de $0^{cm^3},5$, de 1^{cm^3} et de 2^{cm^3}, est absolument inoffensive [1]; elle ne provoque ni réaction locale ni réaction générale. Sur plus de 175 injections pratiquées, nous n'avons noté aucun accident.

Dans le sérum des sujets de nos expériences l'on n'a trouvé, avant la vaccination, aucune trace d'antitoxine tétanique, tandis que l'on rencontre parfois, dans le sérum humain, des traces appréciables d'antitoxine diphtérique provenant de légères infections diphtériques antérieures, passées inaperçues.

Les sujets sur lesquels nous avons opéré n'avaient pas tous la même aptitude à produire de l'antitoxine tétanique. Ces aptitudes différentes s'observent aussi, mais d'une façon moins prononcée, chez les hommes qui reçoivent de l'anatoxine diphtérique. En moyenne, sur dix sujets, nous en trouvons un chez lequel l'aptitude à faire de l'antitoxine tétanique est très prononcée par comparaison à celle des neuf autres.

Une seule injection d'anatoxine tétanique est suivie d'une faible production d'antitoxine. Ainsi, 1^{cm^3} de sérum de 9 hommes qui avaient reçu, le 21 août, 1^{cm^3} d'anatoxine, ne contenait, le 25 septembre, qu'une quantité insuffisante pour neutraliser complètement une dose de toxine mortelle pour le cobaye, mais se manifestant cependant par le retard de la mort de ce cobaye sur celle du cobaye témoin. Cette première injection d'anatoxine développe chez ceux qui l'ont reçu, l'aptitude à préparer de l'antitoxine. En effet, 4 de ces 9 personnes dont il vient d'être question, et qui ont subi une nouvelle injection le 5 octobre, ont fourni un sérum dont 1^{cm^3} neutralisait complètement, suivant les sujets, 1 à 10 doses mortelles de toxine pour le cobaye. Dans une autre série, 12 sujets ont reçu deux injections d'anatoxine tétanique à 15 jours d'intervalle ($0^{cm^3},5$ ou 1^{cm^3}, puis 2^{cm^3}); 40 jours après la seconde injection, 1^{cm^3} de leur sérum neutralisait une dose de toxine tétanique mortelle pour le cobaye. On pratique alors une troisième injection de 1^{cm^3} d'anatoxine; 8 jours après, 1^{cm^3} de leur sérum neutralisait, suivant les sujets, de 1000 à 3000 doses mortelles. Ainsi, dans l'espace d'une semaine, sous l'influence d'une faible dose d'anatoxine,

---

(1) Notre collègue A. Lafaille, au cours d'essais encore inédits, a vérifié, le premier sur lui-même, l'innocuité de l'anatoxine tétanique.

l'immunité active s'est accrue dans la proportion de 1 à 1000. Ces chiffres prennent toute leur valeur si l'on considère que 1^{cm^3} du sérum d'un sujet qui reçoit une injection préventive de sérum tétanique contenant 40000 unités antitoxiques, ne neutralise pas plus de 50 doses mortelles 3 jours après l'injection.

Les données que nous venons de rapporter vont nous servir à déterminer les meilleures conditions permettant de réaliser *dans la pratique* l'immunisation active de l'homme contre le tétanos. Nous avons constaté que l'anatoxine tétanique peut être ajoutée à un vaccin microbien, tel que celui employé contre les affections typhoïdes (vaccin T.A.B.) sans que la production d'antitoxine soit diminuée dans cette vaccination associée.

MICROBIOLOGIE. — *Passage du virus de la fièvre aphteuse à travers les membranes en collodion*. Note de MM. **C. Levaditi**, **S. Nicolau** et **I.-A. Galloway**, présentée par M. Roux.

Nous avons montré (¹), que certains ultravirus neurotropes (rage, encéphalite, herpès, neurovaccin) filtrent sous pression à travers des membranes en collodion. Leur filtrabilité varie non seulement d'une membrane à l'autre, mais encore suivant la nature du virus étudié. Le neurovaccin (virus vaccinal cultivé dans l'encéphale du lapin) s'est montré, en effet, plus apte à traverser ces membranes que les germes rabique, encéphalitique ou herpétique.

Nous apportons de nouveaux faits concernant la filtrabilité du *virus de la fièvre aphteuse* à travers les mêmes membranes. La technique employée a été celle indiquée dans notre première Note ; la souche dont nous nous sommes servis a été entretenue sur le cobaye [inoculation à la patte, procédé de Waldmann et Pape (²)]. Du suc de vésicules fraîches était introduit dans un sac en collodion (collod. Poulenc, 3 couches) et filtré sous pression (10^{cm} mercure ; vitesse de la filtration suivant les sacs : 1 goutte toutes les 2, 2 ¹/₄, 3, 4 et 5 minutes), Le contenu du sac, ainsi que le filtrat, bactériologiquement stérile, étaient inoculés, par voie intradermique, à la patte du cobaye.

Nos expériences, au nombre de neuf, ont fourni huit résultats positifs. En voici une à titre d'exemple :

(¹) Levaditi et Nicolau, *Comptes rendus*, **176**, 1923, p. 717.

(²) Waldman et Pape, *Tier. Woch.*, **37**, 1921, p. 449.

Expérience. — Lymphe fraîche, filtrée à la vitesse de 1 goutte toutes les deux minutes et quart. Le *contenu du sac* a été inoculé aux cobayes 698, 694 et 498. Apparition d'une vésicule à la patte après 24 et 36 heures; généralisation sur la muqueuse linguale du troisième au quatrième jour. Le *filtrat* a été injecté aux cobayes 695, 696 et 697. Naissance de vésicules à la patte après 18 à 24 heures; généralisation sur la muqueuse linguale après 36 heures et 4 jours.

Conclusions. — Le virus de la fièvre aphteuse filtré sous pression à travers des membranes en collodion, membranes peu perméables aux matières protéiques, perméables au bactériophage, aux peptones et aux acides amidés, et qui retiennent, en grande partie, l'alexine, la sensibilisatrice hémolytique, certaines diastases (trypsine) et toxines microbiennes (diphtérique et tétanique). Ce virus se comporte donc, à ce point de vue, comme les ultravirus neurotropes de la rage, de l'encéphalite, de l'herpès et du neurovaccin. Cependant il se rapproche plus de ce neurovaccin; en effet nous avons obtenu avec le germe neurovaccinal, 7 résultats positifs sur 8 filtrations, et avec le virus de la fièvre aphteuse, 8 succès sur 9 tentatives. Il s'écarte des ultravirus rabique, encéphalitique et herpétique, dont l'ultrafiltrabilité est sensiblement moins constante.

Ces recherches, conformes aux résultats relatés par nous en 1923, montrent que *les ultravirus paraissent constitués par des agrégations de matière protéique vivante dont les dimensions ne semblent pas éloignées de celles des agrégats albuminoïdes servant de support aux propriétés diastasiques et aux toxines microbiennes.*

M. Filippo Eredia adresse une Note intitulée : *Le régime des pluies dans la Somalie italienne.*

A 16^h, l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à $16^h 30^m$.

E. P.